Science Park Eindhoven 5634
5692 EN SON
Postbus 26
5690 AA SON

T +31 (0)40-3031100
F +31 (0)40-3031101
E eindhoven.ch@dpa.nl
www.chri.nl

K.v.K 58792562
IBAN NL71 RABO 0112 075584

De Rondom 10
5612 AP Eindhoven

T: +31 (0)40 2472700
E: info@levelacoustics.nl
www.levelacoustics.nl

Kvk nr: 17196196

Vervolgonderzoek Geluid Binnenvaartschepen
Eindrapport - definitief

Datum 31 maart 2015
Referentie 20140720-06



Referentie	20140720-06
Rapporttitel	Vervolgonderzoek Geluid Binnenvaartschepen Eindrapport - definitief
Datum	31 maart 2015

Opdrachtgever	Ministerie van Infrastructuur en Milieu Plesmanweg 1-6 2597 JG DEN HAAG Telefoon 070 456 1028 Telefax 070 456 1694
Contactpersoon	De heer R. Vermeulen
Behandeld door	C.J. Ostendorf dr. ir. N. Geebelen DPA Cauberg-Huygen B.V. Science Park Eindhoven 5634 5692 EN SON Postbus 26 5690 AA SON Telefoon 040-3031100 Fax 040-3031101 Drs. A. Koopman Ir. C.E. Laudij Level Acoustics BV De Rondom 10 5612 AP Eindhoven Telefoon 040-2472700

Inhoudsopgave

Bijlagen

1 Samenvatting

Binnenvaartschepen op de internationale Rijn moeten voldoen aan technische eisen, afgesproken in de Centrale Commissie voor de Rijnvaart (CCR) en vastgelegd in het Reglement voor onderzoek van schepen op de Rijn (ROSR). In 2003 is besloten dat schepen gebouwd voor het jaar 1976 ook moeten gaan voldoen aan deze eisen. Hieronder vallen enkele eisen die worden gesteld aan de productie van geluid van binnenvaartschepen. Door de brancheorganisaties voor de binnenvaart is bij het Ministerie van Infrastructuur en Milieu (I&M) gesignaleerd dat het voldoen aan de geluideisen zal leiden tot technische en/of financiële knelpunten. Onderzoek door TNO en Level Acoustics[1] bevestigt bovenstaand beeld (dit onderzoek heet verder het 'vooronderzoek').

Het voorliggende onderzoek geeft antwoord op vier hoofdvragen:
1. Bevestigen aanvullende metingen bij meer schepen de conclusies uit het vooronderzoek?
2. Met welke geluidreducerende maatregelen kan het geluidniveau worden verlaagd, wat is het effect van deze maatregelen en wat zijn hiervan de kosten?
3. Kan, onder bepaalde voorwaarden, een meer flexibele toetsingsnorm worden aangehouden?
4. Is het bestaande meetprotocol werkbaar of zijn aanpassingen gewenst rekening houdend met de mogelijk flexibele toetsingsnorm?

Geluidniveaus
Voor de 9 schepen die gemeten zijn (4 in het vooronderzoek en 5 in het huidige onderzoek) wordt in de machinekamer en de stuurhut op alle schepen en onder alle condities voldaan aan de normen. In de woon- en slaapkamer vinden overschrijdingen plaats bij 95% MCR (maximaal motorvermogen). Wanneer de MCR-mix wordt toegepast, voldoet het geluidniveau in de woonkamer bij veel schepen. In de slaapkamers wordt de overschrijding bij gebruik van de MCR-mix beperkter (6-16 dB), maar is nog wel aanwezig. De geluidmetingen op 25 meter afstand tonen aan dat de schepen nu al voldoen aan de geluideis.

Maatregelen
De motor is op alle schepen de meest dominante bron. De schroef en keerkoppeling zorgen ook voor relevante geluidniveaus, maar zijn minder dominant. Als maatregelen worden aangeraden: het op veren zetten van de motor en het verstevigen van de fundatie van de motor in combinatie met het toepassen van ontdreuningsmatten in ontvangruimtes. Het treffen van maatregelen aan de motor heeft vanuit technisch oogpunt de voorkeur (effect op alle ruimten), maar brengt hogere kosten met zich. Alleen ontdreunen is relatief goedkoop, maar het effect is beperkt tot de ruimte waar de ontdreuning wordt toegepast en de te behalen reductie is veel minder dan in combinatie met maatregelen aan de motor.
Om de maximale niveauverlagingen daadwerkelijk te behalen, dienen analyse en uitvoering van maatregelen deskundig te gebeuren.

Normstelling
Geluidniveaus op schepen worden nu beoordeeld op een momentaan geluidniveau bij 95% MCR. Veel schepen varen niet of nauwelijks met dit vermogen.

[1] Rapport 2013 R11830, juli 2014, Overgangstermijnen geluidsnormen binnenvaart - Geluidstechnische en financiële consequenties van het toepassen van de normen – Definitief rapport

Het ligt voor de hand om de beoordeling van het geluidniveau uit te voeren bij representatieve omstandigheden. In het vooronderzoek is daartoe al het voorstel gedaan voor de MCR-mix.
Bezien vanuit het licht van bescherming van schippers is het daarnaast goed mogelijk te salderen over tijd en ruimte. Vervolgens wordt een ontheffingssystematiek voorgesteld die gebaseerd is op de systematiek uit de Wet geluidhinder die al lang wordt gebruikt bij andere vormen van geluid. De ontheffingssystematiek bestaat uit een voorkeursgrenswaarde (de huidige eisen uit de ROSR) en een hoger gelegen maximale ontheffingswaarde. Boven de maximale ontheffingswaarde moeten altijd maatregelen worden getroffen. Onder de maximale ontheffingswaarde worden maatregelen beoordeeld op hun doelmatigheid. Als ultieme maatregel worden aanpassingen bij de ontvanger voorgesteld. Ook bestaat de mogelijkheid om gebruik te maken van exploitatiewijze A1, waardoor eisen aan de slaapkamers vervallen (voor uitleg van begrippen zie begrippenlijst).

Meetprotocol
Voor de controlemetingen door ILT wordt in dit rapport een digitaal meetformulier voorgesteld voor het meten volgens de MCR-mix. Daarbij hoeft niet de hele mix gemeten te worden; de meting vindt plaats tot wordt voldaan. Verder is bekeken welk meetprotocol minimaal aangehouden moet worden om bronnen en maatregelen aan te kunnen wijzen. Het voorgestelde meetprotocol bevat naast geluidmetingen ook trillingsmetingen aan wanden, plafond en vloer om te bepalen aan welke vlakken maatregelen moeten worden getroffen.

2 Inleiding

2.1 Scope

Binnenvaartschepen op de internationale Rijn moeten voldoen aan technische eisen, afgesproken in de Centrale Commissie voor de Rijnvaart (CCR) en vastgelegd in het Reglement voor onderzoek van schepen op de Rijn (ROSR).
Wanneer het reglement wordt aangevuld met nieuwe technische eisen, gelden deze nieuwe eisen in principe voor schepen die vanaf dat moment nieuw worden gebouwd. Voor schepen die dateren van voor de totstandkoming van dergelijke nieuwe voorschriften, wordt in de regel een overgangstermijn vastgesteld die op een bepaalde datum afloopt. Bij verlenging van het Certificaat van Onderzoek na de einddatum van de overgangstermijn moeten ook deze oudere schepen aan de voorschriften voldoen.

Bovenstaande systematiek is ingevoerd in 2003. Voor die tijd golden nieuwe eisen per definitie alleen voor nieuw te bouwen schepen. Met de invoering van deze systematiek is tevens besloten dat alle bestaande binnenvaartschepen op enig moment aan het reglement van 2003 moesten voldoen.

Het onderhavig onderzoek heeft betrekking op de eisen die worden gesteld aan de productie van geluid van binnenvaartschepen. Meer in het bijzonder gaat het om de volgende bepalingen uit het ROSR:

- Artikel 3.04, zevende lid, geluidsdruk machinekamer;
- Artikel 7.01, tweede lid, geluidsdruk in stuurhut;
- 8.10, tweede en derde lid, geluidsdruk 25 meter afstand schip;
- 12.02, vijfde lid, geluidsdruk woon- en slaapruimten.

Deze eisen zijn ingevoerd in 1975. In 2003 is de overgangstermijn gesteld op 1 januari 2015. Inmiddels is deze verlengd tot 1 januari 2020.

Door de brancheorganisaties voor de binnenvaart is bij het Ministerie van Infrastructuur en Milieu (I&M) gesignaleerd dat het voldoen aan de geluideisen zal leiden tot technische en/of financiële knelpunten voor diverse categorieën van oudere binnenschepen. Onderzoek door TNO en Level Acoustics[2] bevestigt bovenstaand beeld (verder 'vooronderzoek'). Metingen op een viertal schepen wijzen uit dat het met name in woon- en slaapruimten niet mogelijk is om aan de geluidnormen uit het ROSR te voldoen. Maatregelen om de optredende geluidniveaus te reduceren zijn kostbaar en het is nog maar zeer de vraag of na toepassing van deze maatregelen de normen wel worden gehaald.

[2] Rapport 2013 R11830 v5 d.d. 21 mei 2014, Overgangstermijnen geluidsnormen binnenvaart - Geluidstechnische en financiële consequenties van het toepassen van de normen

2.2 Onderzoeksvragen

Het resultaat van het TNO/Level onderzoek was voor I&M aanleiding om een vervolgonderzoek uit te laten voeren dat antwoord geeft op vier hoofdvragen:

1. Bevestigen aanvullende metingen bij meer schepen de conclusies uit het vooronderzoek?
2. Met welke geluidreducerende maatregelen kan het geluidniveau worden verlaagd, wat is het effect van deze maatregelen en wat zijn hiervan de kosten?
3. Kan, onder bepaalde voorwaarden, een meer flexibele toetsingsnorm worden aangehouden?
4. Is het bestaande meetprotocol werkbaar of zijn aanpassingen gewenst rekening houdend met de mogelijk flexibele toetsingsnorm?

Het vervolgonderzoek is uitgevoerd door de combinanten DPA Cauberg-Huygen B.V. en Level Acoustics in samenwerking met de onderaannemer Rubber Design. In voorliggende rapportage worden de bevindingen van het onderzoek uiteengezet en wordt antwoord gegeven op bovenstaande vragen.

2.3 Leeswijzer

In de hoofdstukken 3 t/m 6 wordt ingegaan op de invulling van de vier onderzoeksvragen. De rapportage sluit af met hoofdstuk 7: conclusies en aanbevelingen.

3 Geluidmetingen schepen

3.1 Inleiding

De eerste onderzoeksvraag luidt: bevestigen aanvullende metingen bij meer schepen de conclusies uit het vooronderzoek? In de voorbereiding van de uitvoering van het voorliggende onderzoek is deze onderzoeksvraag anders geformuleerd: ‘Zijn de conclusies uit het vooronderzoek ook geldig voor andere (soorten) schepen?’ Om deze vraag te kunnen beantwoorden, zijn in eerste instantie aanvullende metingen uitgevoerd op vijf schepen. In paragraaf 3.2.1 is omschreven op welke wijze de betreffende schepen zijn geselecteerd. Het streefdoel was meetdata te verzamelen voor een zo breed mogelijk spectrum van type schepen. Zoals omschreven in paragraaf 2.1 zijn in het vooronderzoek 4 type schepen doorgemeten. In totaal is nu het beeld bekend van de geluidsituatie aan boord van 9 verschillende type schepen. De resultaten en beoordeling van de geluidmetingen zijn gerapporteerd in paragraaf 3.2.3 en 3.2.4.
Daarnaast zijn ook aanvullende geluidmetingen uitgevoerd met betrekking tot het geluid van binnenvaartschepen naar de omgeving. De uitgangspunten en resultaten zijn gegeven in paragraaf 3.3.
Gelijktijdig met de geluidmetingen zijn ook trillingsmetingen uitgevoerd op alle schepen. De resultaten van de trillingsmetingen, met als doel het vaststellen van de maatgevende overdrachtspaden, zijn in hoofdstuk 5 verder uitgewerkt in relatie tot de analyse van de geluidreducerende maatregelen.

3.2 Geluid op het schip

3.2.1 Selectie schepen

Het gaat om schepen met een bouwjaar vóór 1976. Het vooronderzoek heeft betrekking gehad op een viertal schepen:
- Marina, verlengd Dortmund-Eems kanaalschip, motortankschip;
- Twillis, verlengd Rijn-Herne schip, motorschip.;
- Estero, Kempenaar, motorschip;
- Valé, Rijn-Herne schip, motorschip.

In voorliggend onderzoek is de steekproef verder uitgebreid met vijf schepen. Oorspronkelijk was uitgegaan van zes schepen maar de spits ‘Westropa’ (zie tabel 3.1) is uiteindelijk niet gemeten. Het bleek niet mogelijk om binnen de bedrijfsvoering van het schip en de loop van het project tot een consensus te komen omtrent een meetdatum. Omdat het gaat om een validatie, is het belangrijk in de breedte, dus over het aantal type schepen, een dekkende steekproef te doen, onafhankelijk van het aantal van een type schip dat rondvaart. De schepen zijn dan ook met dat doel geselecteerd in samenspraak met de klankbordgroep en het ministerie. Het overleg met de klankbordgroep heeft plaatsgevonden op 2 september 2014 in Rotterdam. De selectie van het type schepen is op dat moment bepaald. Vervolgens hebben de leden van de klankbordgroep onder hun eigen leden en relaties gezocht naar schippers die bereid waren hun schepen te laten meten. Met deze schippers is contact opgenomen en een afspraak gemaakt voor een meetdag. Niet alle opgegeven schepen bleken beschikbaar binnen de meetperiode (oktober – november 2014, januari 2015). Dit heeft uiteindelijk geleid tot het overzicht van geselecteerde schepen zoals weergegeven in tabel 3.1.

Tabel 3.1: Selectie schepen

Naam schip	Type schip	Foto	Inventarisatie	Meetdatum
Melvin	Dortmunder, motorvracht-schip		06/10/2014	20/10/2014
Bobo	Duwboot		22/09/2014	24/10/2014
Kreeft	Kraanschip		06/10/2014	27/10/2014
Virginia	Passagiersschip		04/11/2014	26/11/2014
Viator	Rijn-Herne schip, motorvrachtschip		22/09/2014	10/12/2014
Westropa	Spits		10/11/2014	Niet gemeten, binnen loop-tijd project geen af-spraak kun-nen maken

Om inzicht te krijgen in de opbouw van het schip zijn de schepen geïnventariseerd en volledig ingemeten alvorens de metingen uit te voeren. Dit heeft geresulteerd in de plattegronden en doorsneden die per schip zijn terug te vinden in bijlage I. Aan de schippers is gevraagd een vragenlijst in te vullen met betrekking tot diverse karakteristieken van het schip en het feit of al dan niet geluidreducerende maatregelen zijn getroffen in het verleden. De ingevulde vragenlijsten zijn terug te vinden in bijlage II.

3.2.2 Uitvoering metingen

Voor de uitvoering van de geluidmetingen is gebruik gemaakt van klasse I meetapparatuur[3] (B&K 2250) die op regelmatige basis door een externe instantie wordt gekalibreerd.

Geluidmetingen zijn per ruimte uitgevoerd in één meetpunt, centraal in de ruimte. De microfoon is hierbij rustig heen en weer bewogen om de invloed van eventuele staande golven (lokale versterkingen of verzwakkingen van het geluid in een ruimte) te voorkomen. In de slaapkamers is aanvullend een geluidmeting uitgevoerd ter hoogte van het hoofdkussen.

De metingen op het schip hebben een aantal doelen:
a. vaststelling of aan de normen wordt voldaan;
b. identificeren van de dominante bronnen en paden om daaruit de meest efficiënte maatregelen voor dat schip af te leiden (zie ook hoofdstuk 5);
c. bepalen hoe de meetprotocollen (waarin bedrijfscondities, meetpunten en andere zaken worden geregeld) kunnen worden vereenvoudigd (zie ook hoofdstuk 6).

3.2.3 Meetresultaten

In onderstaande tabel 3.2 zijn per schip de meetresultaten weergegeven.
De meetresultaten in tabel 3.2 zijn weergegeven bij zowel 95% van het maximaal continue beschikbare motorvermogen (verder ‘MCR’), conform de ROSR voorschriften, als bij de voorgestelde MCR-mix.
De MCR-mix is een voorstel uit het vooronderzoek waarbij het geluidniveau wordt bepaald bij een mix van reële vermogens/toerentallen van de motor. Geen enkel schip vaart namelijk langdurig met 95% van het maximale motorvermogen. De MCR-mix bestaat uit een samenstelling van verschillende MCR’s te weten 85%, 55%, 25% en 5%. Elk van deze percentages heeft een eigen weegfactor. In voorliggend onderzoek is het effect van de MCR-mix geëvalueerd. Daarom zijn de geluidmetingen uitgevoerd bij verschillende percentages van het motorvermogen.
De tabel geeft de resultaten voor de machinekamer, de stuurhut, de maatgevende woonkamer (in geval het schip meerdere woonkamers heeft) en de maatgevende slaapkamer. Grijs gearceerd zijn de waarden die niet aan de normen voldoen. In bijlage III worden de uitgebreide meetresultaten per schip gegeven.

[3] Klasse 1 geluidmeters voldoen aan de specificaties uit de norm IEC 61672-1:2002. Ze hebben een gegarandeerde nauwkeurigheid over een breed temperatuurbereik, luchtvochtigheidbereik en luchtdrukbereik. De afwijking voor een klasse 1 geluidmeter bedraagt slechts 0,5 tot 1,0 dB(A) in het middenfrequentiegebied.

Tabel 3.2: Meetresultaten geluidmetingen op het schip

Schip			Geluidniveaus in dB(A)			
	Ruimte		Machinekamer	Stuurhut	Woonkamer	Slaapkamer
	Eis ROSR		*110*	*70*	*70*	*60*
MELVIN	Meetconditie	85% MCR*	109	68	79	80
		MCR-mix	104	62	72	74
BOBO	Meetconditie	95% MCR	109	69	74	81
		MCR-mix	105	64	70	76
KREEFT	Meetconditie	95% MCR	104	64	73	73
		MCR-mix**	--	--	--	--
VIRGINIA	Meetconditie	95% MCR	103	51	75	72
		MCR-mix	99***	48***	70	70
VIATOR	Meetconditie	95% MCR	108	60	75	72
		MCR-mix	103	56	67	66

* 85 % MCR maximaal haalbaar

** andere percentages van het MCR niet relevant en ook niet gemeten

*** niet bij alle percentages van het MCR kunnen meten, MCR-mix bepaald o.b.v. interpolatie

Tabel 3.2 laat zien dat in de slaapkamer en woonkamer bijna altijd een overschrijding van de norm plaatsvindt. In de machinekamer en de stuurhut wordt altijd voldaan aan de norm.

3.2.4 Vergelijking met vooronderzoek

In onderstaande tabel 3.3 zijn op een gelijkaardige manier de meetresultaten van de 4 schepen uit het vooronderzoek gepresenteerd.

Tabel 3.3: Meetresultaten vooronderzoek

Schip	Ruimte		Geluidniveaus in dB(A)			
			Machinekamer	Stuurhut	Woonkamer	Slaapkamer
	Eis ROSR		***110***	***70***	***70***	***60***
MARINA	Meetconditie	95% MCR	107	64	78	74
		MCR-mix	--*	--*	--*	--*
TWILLIS	Meetconditie	100% MCR**	109	69	78	81
		MCR-mix	--*	--*	--*	--*
ESTERO	Meetconditie	100% MCR**	106	66	75	80
		MCR-mix	101	61	70	74
VALÉ	Meetconditie	92% MCR	109	66	67	70
		MCR-mix	105	62	65	68

* noodzakelijke percentages van het MCR niet gemeten

** 100% MCR gemeten i.p.v. 95 % MCR

3.2.5 Samenvattende conclusies

Voor de 9 schepen die gemeten zijn, kunnen onderstaande conclusies worden getrokken:

- **In de machinekamer en de stuurhut wordt op alle schepen en onder alle condities voldaan** aan de normen;
- In 89% van de gevallen wordt in de woonkamer niet voldaan bij conditie 95% MCR. De geconstateerde overschrijdingen bedragen 2 tot 9 dB;
- Wanneer voor de woonkamers de MCR-mix wordt toegepast, zijn er minstens 4 schepen extra die kunnen voldoen. De ‘winst’ die op deze manier kan worden behaald, bedraagt in de woonkamers 2 tot 8 dB.
- **In 100% van de gevallen wordt in de slaapkamer niet voldaan bij conditie 95% MCR**. De geconstateerde overschrijdingen bedragen 10 tot 21 dB;
- Wanneer voor de slaapkamers de MCR-mix wordt toegepast, kunnen ze nog steeds niet aan de normen voldoen. De overschrijdingen zijn wel beperkter: 6 tot 16 dB.

Opmerking: Tijdens het tweede overleg met de klankbordgroep op 16 maart 2015, is naar voren gekomen dat geen schip is geselecteerd waarbij de stuurhut zich direct boven de machinekamer bevindt. Bovenstaand wordt geconcludeerd dat op alle schepen en onder alle condities in de stuurhut aan de eisen wordt voldaan. De verwachting is dat dit niet altijd het geval zal zijn bij schepen die de stuurhut gepositioneerd hebben direct boven de machinekamer. Aannemelijk is dat de resultaten voor deze schepen in de stuurhut vergelijkbaar zullen zijn met de woonkamers van de gemeten schepen. Alleen door middel van aanvullende metingen kan hierover echter een definitieve uitspraak worden gedaan.

3.3 Geluid naar de omgeving

3.3.1 Algemeen

In het vooronderzoek is geen aandacht geschonken aan het geluid naar de omgeving. De rapportage vermeldt: "Aangezien de overschrijding van het toelaatbare geluidsniveau in de buitenlucht in de nabijheid van het schip direct gerelateerd blijkt te zijn met de overschrijding van de toelaatbare geluidsniveaus in de verschillende ruimten van het schip, behoeft geen apart onderzoek naar de geluidsniveaus in de buitenlucht te worden uitgevoerd."

Op basis van onze ervaringen met het geluid van schepen blijken de uitlaat en in een aantal gevallen de uitstraling van de motorruimte, van belang voor de geluiduitstraling naar de omgeving. Voor de motorruimte ligt een directe relatie tussen geluidniveau in de ruimte en de geluiduitstraling voor de hand. Voor de motoruitlaat is die relatie minder duidelijk. Tijdens de metingen op het schip is daarom tevens het bronvermogen van de uitlaat bepaald om vervolgens op basis van berekeningen een inschatting te kunnen maken van het ontvangen geluidniveau op 25 meter.

Om de bewering uit het vooronderzoek te staven, zijn aanvullend gedurende één dag geluidmetingen uitgevoerd aan langsvarende binnenschepen waarbij per schip tijdens de passage elke seconde het gemiddelde en maximale geluidniveau spectraal is vastgelegd. Verder zijn de afstand, vaarsnelheid en het type schip vastgelegd. Op basis van de meetgegevens is conform de algemene eis het geluidniveau op 25 meter afstand berekend en beoordeeld.

3.3.2 Meet- en rekenresultaten uitlaat

Tijdens de metingen is op een afstand 1,5*d [4] (met d = diameter uitlaat) het geluidniveau gemeten. Op basis hiervan is het bronvermogen van de uitlaat berekend. Dit bronvermogen is dan weer input geweest voor de berekening om te bepalen welk geluidniveau op 25 meter verwacht kan worden. Tabel 3.4 vat de resultaten van deze berekeningen samen. Tevens worden de eisen het de ROSR gegeven. Per schip is aangegeven wat het akoestisch bronvermogen is van de uitlaat (eventueel in combinatie met een rooster van de machinekamer) en tot welk geluidniveau dit leidt op 25 meter afstand van de zijkant van het schip. Indien mogelijk is het geluidniveau weergegeven bij 95 of 85% MCR (varend schip) en bij 25% MCR (bijna stil liggend schip).
Voor varende schepen geldt een eis van 75 dB(A) uit het ROSR en voor schepen die stil liggen een eis van 65 dB(A).

[4] volgens methode II.2 uit de Handleiding meten en rekenen industrielawaai, geconcentreerde bronnen

Tabel 3.4: Rekenresultaten

Schip		bronvermogen Lw [dB(A)] Rooster	Schoorsteen	Totaal	Lp 25m [dB(A)]
Kreeft	95% MCR	95,6	102,1	103,0	62,4
Bobo	85% MCR		102,5	102,5	62,8
Bobo	25% MCR		93,6	93,6	53,9
Melvin	85% MCR		91,4	91,4	51,5
Melvin	25% MCR		78,8	78,8	38,9
Virginia	85% MCR		94,6	94,6	54,6
Virginia	25% MCR		75,6	75,6	35,6
Viator	85% MCR		92,2	92,2	52,0
Viator	25% MCR		79,7	79,7	39,5

Tabel 3.4 maakt duidelijk dat voor alle gemeten schepen geldt dat hun geluiduitstraling naar de omgeving voldoet aan de eisen uit het ROSR.

3.3.3 Meetresultaten langsvarende schepen

De geluidmetingen zijn uitgevoerd op 25 november 2014 lang het Julianakanaal bij Berg aan de Maas. Op de meetplaats was ruim zicht op de schepen, heerste een constant achtergrondniveau en was een voldoende groot aanbod van schepen mogelijk. Figuur 3.1 toont een impressie van de meetlocatie.



Figuur 3.1: meetlocatie passagemetingen Berg aan de Maas

In het totaal zijn ruim 40 passerende schepen gemeten waarbij per seconde het gemiddelde geluidniveau is vastgelegd gebruikmakend van de B&K 2250 geluidanalyzer.
Tijdens de passage werden de schippers gebeld om gegevens omtrent hun schip tijdens de passage op te vragen. Helaas wilden niet alle schippers meewerken en van een aantal schepen kon geen telefoonnummer of andere informatie worden gevonden.

Tabel 3.5 geeft de meetresultaten voor de schepen van voor 1976. Dit zijn 29 schepen. De resultaten in de tabel zijn gerangschikt van hoog naar laag geluidniveau. Een volledig overzicht van alle meetgegevens, ook van schepen van na 1976, is opgenomen in bijlage IV. Voor ieder schip is naast de naam en het type schip (soms aanname), het geluidniveau op 25 meter weergegeven evenals het percentage van het maximale toerental, de snelheid van het schip en het bouwjaar. Het geluidniveau op 25 meter is bepaald op basis van het hoogste geluidniveau per seconde tijdens de passage en gecorrigeerd voor het achtergrondniveau en de grotere meetafstand tot het schip.

Tabel 3.5: resultaat passagemetingen Nederlandse schepen

Naam schip	**Type schip**	**L_{Aeq} [dB(A)] gemeten op 25 meter**	**% van max toerental**	**Snelheid schip [m/s]**	**Bouwjaar**
Stern	Dortmunder	75	72	2,3	1922
St. Agatha/Ram	Duwboot	72		2,7	1943
Laco9/Farley	Duwboot	72		2,3	1923
Wanssum/Ram	Duwboot	72		2,9	1943
Willie	Motorbeunschip	71		3,5	1967
Zwerver	Kempenaar	69	87	4,3	1954
Jan Cornelis	Brusselaar	68	100	4,1	1914
Poseidon	Europaschip	66		2,9	1955
Mover 4	Duwboot	66		3,3	1957
Ruan	Kempenaar	65	70	2,9	1966
Gelderland	Dortmunder	65	84	3,1	1966
Arta	Kempenaar	64	82	2,9	1966
Okinawa	Europaschip	64		3,5	1959
Brisant	Kempenaar	64		4,0	1962
Keiko	Spits	64		2,8	1951
Ecce-homo	Kempenaar	64		3,0	1959
Dorine	Europaschip	64		2,6	1958
Corja	Koeningfelbre	64	67	3,4	1935

Naam schip	Type schip	L_{Aeq} [dB(A)] gemeten op 25 meter	% van max toerental	Snelheid schip [m/s]	Bouwjaar
Seolto	Kempenaar	63		2,9	1957
Loana-calista	Europaschip	62		3,1	1947
Alida	Kempenaar/Dortmunder	62	61	2,8	1961
Martyna	Dortmunder	61		4,1	1951
Vertrouwen	Kempenaar	61	61	2,8	1975
Peroli	Europaschip	61		1,9	1926
Miarca	Kempenaar/Dortmunder	61		3,1	1965
Calcit 3	Tankschip	61	56	2,6	1953
Diamond	Europaschip	61	63		1973
Farmsum	Dortmunder/Europaschip	57		3,2	1972

Tabel 3.5 toont dat van lang niet alle schepen het toerentalpercentage is achterhaald. Het gemiddelde percentage bedroeg 70%. De gecontacteerde schippers gaven aan zelden met meer vermogen te varen op het Julianakanaal dan nu opgegeven. Wat dat betreft biedt de meting een representatief beeld van de werkelijke situatie.

De meeste schepen (circa 83%) blijven onder de 70 dB(A) tijdens hun passage. Op basis van de meetgegevens is bovendien afgeleid dat een stijging in toerental van 70 naar 95% niet meer dan 3 dB(A) toename zal betekenen van het geluidniveau. In zijn algemeenheid volgt daaruit de conclusie op basis van tabel 3.5 dat **bijna alle schepen voldoen aan de eis van 75 dB(A) uit het ROSR**. Uitzondering hierop vormt de Stern. Haar motorgeluid klonk echter dusdanig afwijkend van de andere schepen dat de verwachting is dat er een probleem met de uitlaatdemper speelde. De schipper wilde hierover geen mededelingen doen.

3.4 Samenvatting

De geluidmetingen op en aan de schepen tonen aan dat de trend die in het vooronderzoek is geconstateerd, zich doorzet op de vijf onderzochte schepen:

- **in de stuurhut en machine kamer wordt voldaan aan de geluideisen;**
- **in de woonkamer meestal niet;**
- **in de slaapkamer nooit.**

De overschrijdingen kunnen oplopen **tot 20 dB(A).** Met toepassing van de MCR-mix voldoet een aantal woonkamers wel aan de eis maar de daling in geluidniveau is niet zo groot dat daardoor alle overschrijdingen worden opgeheven. Het algemene beeld blijft bestaan en toont aan dat de geluideisen in het schip zonder geluidreducerende maatregelen niet haalbaar zijn.
De MCR-mix geeft wel een reëler beeld van de werkelijke geluidsituatie aan boord en vormt derhalve een goed vertrekpunt voor de maatregelen.
De veronderstelling uit het vooronderzoek dat de geluiduitstraling van de schepen naar de omgeving voldoet aan de eisen, wordt door de uitgevoerde geluidmetingen onderschreven.

4 Geluidreducerende maatregelen

4.1 Inleiding

De geluidmetingen hebben tot doel gehad om eventuele overschrijdingen van de eisen uit de ROSR te registreren onder verschillende gebruikscondities. De volgende stap is dat voor deze overschrijdingen gezocht wordt naar de oorzaak, zodat doelgerichte geluidreducerende maatregelen kunnen worden voorgesteld. Daartoe zijn op alle gemeten schepen trillingsmetingen uitgevoerd.

4.2 Trillingsmetingen

4.2.1 Uitvoering

De trillingsmetingen zijn uitgevoerd in alle ruimten waarvoor geluideisen zijn gesteld in de ROSR. De trillingsmetingen hebben tot doel de dominante bronnen te bepalen vanuit de bronkant (de machinekamer) en de dominante afstralende vlakken aan de ontvangkant (stuurhut, woonkamer en slaapkamers). Hiertoe zijn de metingen verricht op alle zes vlakken van de ruimtes (vloer, plafond en vier wanden). In de stuurhut is enkel op de vloer gemeten. In de machinekamer is ook rondom de motor en de schroef gemeten. Er is gebruik gemaakt van de volgende meetapparatuur:

- Rion DA-21 4 kanaals data recorder;
- Bruel & Kjaer Triaxial deltatron accelerometer type 4506;
- Rion NL-52 sound level meter.

Uit de geluidmetingen is gebleken welke vermogensniveau (%MCR) maatgevend is voor de mate van overschrijding. De trillingsmetingen zijn in elk geval voor dit meest maatgevende vermogensniveau uitgevoerd en aanvullend op één ander vermogensniveau. Ook is op de meeste schepen een achtergrondmeting verricht en een meting tijdens het stationair draaien van de motor. Synchroon met de trillingsmetingen zijn geluidmetingen uitgevoerd om de trillingen aan te relateren.

4.2.2 Wijze van analyse

De geluid- en trillingsmetingen zijn zo uitgevoerd en geanalyseerd dat ze antwoord geven op de volgende vragen:

- welke bronnen zijn verantwoordelijk voor de overschrijdingen?
- wat zijn de afstralende vlakken in de ruimte die verantwoordelijk zijn voor de overschrijding?

Aan bronnen en afstralende vlakken zijn in meer of mindere mate maatregelen te nemen. Aan de overdrachtspaden, die bronnen en vlakken verbinden, is dat veel minder het geval. Ook zijn deze paden vaak complex en daardoor lastig te ontwarren. Paden zijn daarom niet de focus van dit onderzoek.

De formulering van de vraag impliceert dat er kwantitatief beantwoord moet worden hoeveel een bron of vlak bijdraagt aan de overschrijding, omdat alleen dan duidelijk is of meer dan 1 bron of vlak moet worden aangepakt, terwijl bovendien voorspeld kan worden wat het effect van een maatregel gaat zijn.

De procedure van de analyse is onderstaand samengevat. Een uitgebreide beschrijving van de analyse is te vinden op de eerste pagina van bijlage V. De belangrijkste technische begrippen zijn terug te vinden in de begrippenlijst in bijlage VII.

1. Benoemen van mogelijke bronnen (motor, keerkoppeling, schroef en cavitatie) zodat duidelijk is aan welke bronnen metingen moeten worden verricht. Ook wordt gemeten wat het achtergrondgeluid is met alle bronnen uit, zodat zeker is dat tijdens het varen puur naar de bijdrage van de op het schip aanwezige bronnen wordt gekeken.
2. Er wordt genoteerd welke bronnen duidelijk hoorbaar zijn in alle ruimtes, bijvoorbeeld doordat er een ‘rattle’ aanwezig is (een duidelijk ratelend geluid).
3. en 4. Vervolgens dient bepaald te worden wat het trillingsniveau is van de bronnen en de wanden in ontvangruimtes. Er is onder twee bedrijfscondities gemeten. Van de gemeten trillingen worden twee soorten spectra gemaakt, smalbandspectra en breedbandspectra.
5. Eerst wordt met smalbandspectra gekeken wat de tonale bronnen zijn. Tonale geluiden zijn voor het menselijk oor het meest herkenbaar en zorgen om die reden vaak voor de meeste overlast. Ze zijn vaak maar één of enkele frequenties breed.
6. Motor, schroef en keerkoppeling hebben allemaal tonale componenten. Soms zijn deze afzonderlijk als frequentie te herkennen. Indien dit niet mogelijk is, dan vormen deze bronnen voor de rest van de analyse een gezamenlijke bron, met een holistische aanpak tot gevolg.
7. Vervolgens wordt de breedbandige bijdrage geanalyseerd. Daarbij wordt gekeken naar trillingen die zich in het spectrum over meer frequenties verspreiden. Dit gebeurt over het algemeen in octaafbanden. Vaak zijn tonale componenten sterker dan breedbandige componenten. Daarom wordt vooral gekeken hoeveel de breedbandige componenten nog bijdragen in vergelijking met de tonale componenten.
8. en 9. Er wordt per wand in de ontvangruimte bekeken wat de bijdrage is in afstraling van geluid. Daarbij wordt dus bepaald hoe effectief een bepaalde wand meedoet in het creëren van geluidniveaus in de ruimte.
10. Tot slot wordt gekeken wat de geluidniveaus zullen zijn bij het wegnemen van bronnen.

4.2.3 Meetresultaten

In onderstaande Tabel 4.1 staat voor alle schepen de meest dominante bronnen weergegeven. Met “XX” is de meest dominante bron aangegeven, met “X” de overige dominante bronnen. Onder de tabel wordt per schip een toelichting gegeven op de analyse. Voor de volledige analyse van de meetresultaten conform paragraaf 4.2.2 wordt verwezen naar bijlage V.

In tabel 4.1 is te zien dat de motor op alle schepen de meest dominante bron is. De schroef zorgt ook voor geluidniveaus, maar is minder dominant. De keerkoppeling is met name verantwoordelijk voor niveaus bij hogere toerentallen. In de analyses is deze verhoging vooral breedbandig te zien. Een breedbandig niveau van de keerkoppeling duidt onder andere op cavitatiegeluid. Cavitatiegeluid wordt breedbandig buitenlangs doorgegeven aan de scheepswand richting de ontvangruimtes. Ruimtes dichtbij de schroef (dit zijn in de gemeten schepen de slaapkamers aan de achterkant van het schip) kunnen hierdoor extra hoge niveaus ontvangen. Cavitatie en schroef(huid) zijn daarom benoemd als belangrijke bron voor slaapkamers (en niet voor de woonkamer). Voor de woonkamers is alleen de verhoogde trilling van de keerkoppeling zelf de reden voor hoge niveaus.

Tabel 4.1: Dominante bronnen gemeten schepen

Schip	Ontvangende ruimte	Dominante bronnen					
		Motor	Keer-koppe-ling	Schroef (as)	Schroef (huid)	Cavitatie	Overige
MELVIN	Woonkamer	XX	X	X			
	Slaapkamers	XX	X	X	X	X	
BOBO	Woonkamer	XX	X	X			
	Slaapkamers	XX	X	X	X	X	
KREEFT	Woonkamer	XX	X	X			
	Slaapkamers	XX	X	X	X	X	
VIRGINIA	Woonkamer	XX	X	X			
	Slaapkamers	XX	X	X	X	X	
VIATOR	Woonkamer	XX	X	X			
	Slaapkamers	XX	X	X	X	X	

Meetresultaten Melvin

In de woonkamer is duidelijk te zien dat via de zijwanden geluid uit de motorkamer wordt overgebracht naar de ontvangruimte. Breedbandig lijkt ook de vloer een rol te spelen. De belangrijkste bron is de motor. Op hogere toerentallen is ook de keerkoppeling een belangrijke bron.
In de bakboord slaapkamer zijn de belangrijkste vlakken de achterwand en bakboordwand. Deze wanden worden via de scheepswand in trilling gebracht. Pieken zijn duidelijk afkomstig van de motor.
In de stuurboord slaapkamer was een 'rattle' (ratelend geluid) te horen in de achterwand. De achterwand geeft de grootste trillingen (door de 'rattle'), daarna de vloer en de stuurboordwand. De grootste pieken bevinden zich op de motorfrequenties.
Opmerkelijk is dat harmonischen van een enkele cilinderontsteking relatief hoge amplitudes geven, wat een indicatie kan zijn van een slechter lopende cilinder.

Meetresultaten Bobo

Voor de achterste slaapkamer in de Bobo lopen de overdrachtspaden voornamelijk via de wanden aangrenzend aan de machinekamer. De buitenwanden van het schip zijn het dominante pad voor trillingen in de voorste slaapkamers. Dit is geconcludeerd uit het feit dat voor de bakboord slaapkamer de bakboordwand het meest is geëxciteerd en voor de stuurboord slaapkamer de stuurboordwand. De vloer is in alle gevallen ook een belangrijk vlak. De excitaties worden voornamelijk veroorzaakt door de motor maar de schroef is met minder sterke trillingen ook te herkennen in het signaal. Er treedt een sterke resonantie (hevige trilling) op rond 50-60 Hz bij de lage toerentallen. De schipper bevestigde dit op basis van zijn eigen waarnemingen. De motor is als bron over het algemeen dominant maar de schroef is ook zichtbaar.
Al met al zijn de overdrachtspaden duidelijk te identificeren. De motor is de voornaamste bron en de trillingen worden via de motorbasis en koppeling doorgegeven aan de scheepswand. Het pad loopt via de buiten- en tussenwand naar de buiten- en achterwanden van de voorste slaapkamers en woonkamer.

De achterste slaapkamer bevindt zich dicht bij de motor, waardoor vele wanden worden aangeslagen, maar voornamelijk de voorwand, waar de machinekamer zich ook aan bevindt. Toename van trillingen bij hogere toerentallen zijn toe te schrijven aan de koppeling en motor.

Meetresultaten Kreeft

Voor de Kreeft geldt dat er in veel gevallen meerdere dominante vlakken zijn per kamer, wat te verklaren kan zijn door de plaatsing van de machinekamer ten opzichte van de ontvangruimtes. De 4^{e} orde van de motor is duidelijk zichtbaar in de frequentieanalyse op 1650 toeren (maximale gemeten toerental). Motorfrequenties zijn duidelijk zichtbaar. Paden zijn weer via de dragende wanden naar de slaapkamers (buitenwanden). In de woonkamer telt de vloer het meeste mee. Toename van trillingen bij hogere toerentallen is voornamelijk in laagfrequent en hoogfrequent gebied, minder in de relevante 1 kHz band. Toename van trillingen bij hogere toerentallen zijn toe te schrijven aan de koppeling.

Meetresultaten Virginia

De Virginia heeft twee motoren met verschillende verhoudingen in de tandwielkasten. Zodoende varieert het motortoerental. Dit is te merken aan de pieken in het spectrum. In bijlage V is een vergelijkend overzicht weergegeven van de karakteristieken van de motoren. Eén van de motoren droeg meer bij qua trillingen dan de andere. De stuurboordmotor lijkt iets dominanter, vanwege hogere pieken in dwarsrichting. Het weinige verschil in geluidsniveau als gevolg van toerentalverschil is echter opvallend. Er zijn duidelijke gebieden te identificeren met een sterkere trilling, bijvoorbeeld rond 60 Hz bij 1560 toeren. Bij hogere toerentallen verschuift dit gebied naar hogere frequenties.
Er zijn resonanties gemeten op motor en koppeling van rond de 30 en 60 (bij lage toerental) Hz, die consistent verschuiven bij verhoging van het toerental. De toename in de 125 Hz band is bij hogere toerentallen hieraan te danken. Dit is waarschijnlijk een 1^{e} en 2^{e} orde motorfrequentie. In de frequentieanalyse zijn de 1^{e} en 4^{e} orde motorfrequenties duidelijk zichtbaar. Niet-motorfrequenties zijn ook duidelijk zichtbaar (afkomstig van de schroef).

Meetresultaten Viator

De motor is goed als bron terug te vinden in de panelen. De motor is dominant, maar de schroef is ook te herkennen. Voor de stuurboord slaapkamer zijn de voornaamste afstralende panelen het plafond (voor lage frequenties), de achterzijde en de stuurboord zijde. Voor de bakboord slaapkamer zijn dit de vloer en de bakboordzijde. Voor de woonkamers zijn dit de vloer en de stuurboord en bakboord zijden. Bij vergelijking van twee verschillende motortoerentallen is de keerkoppeling de oorzaak van de toename van het geluid in de kamers.

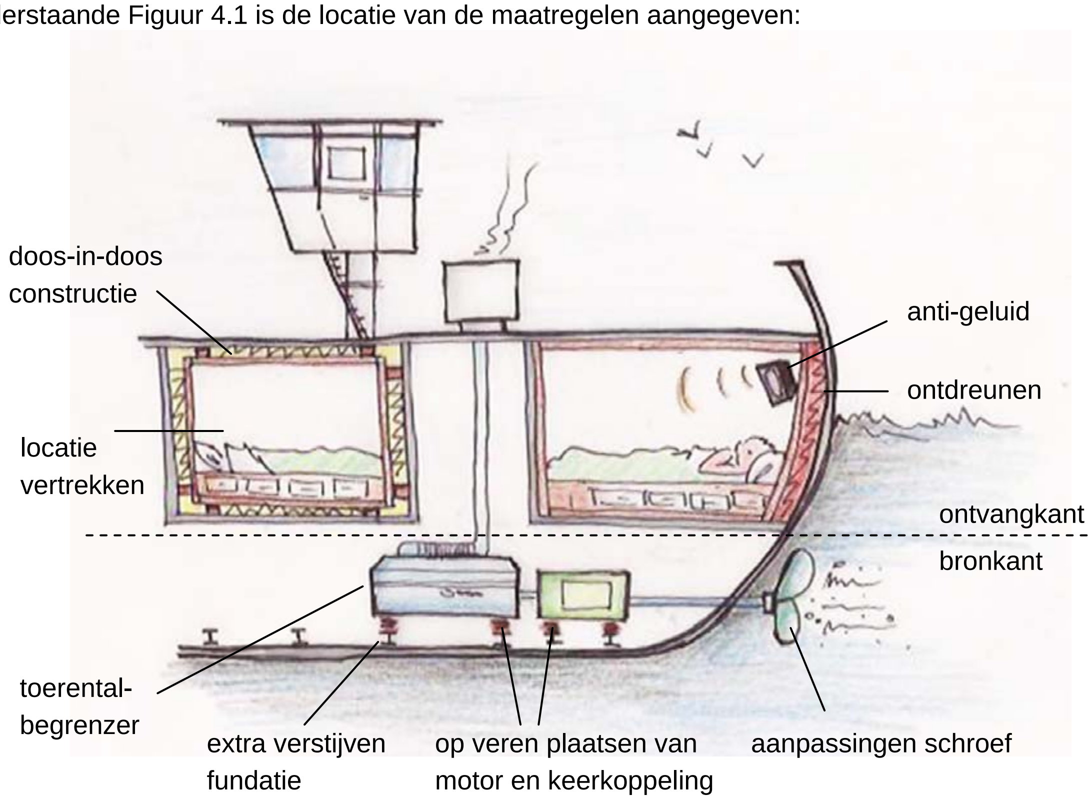
4.3 Theoretisch effect maatregelen

4.3.1 Algemeen

Er zijn verschillende maatregelen aan te wijzen om de overschrijdingen op te lossen:

- trillingsgeïsoleerd opstellen motor;
- begrenzen toerental van de motor;
- trillingsgeïsoleerd opstellen keerkoppeling;
- extra verstijven van fundatie motor en/of keerkoppeling;
- aanpassingen aan de schroef zelf en aan de doorvoer van de schroef;
- ontdreunen wanden/vloeren/plafonds van slaap- en woonkamers;
- doos-in-doos constructies;
- omwisselen woon- en slaapvertrekken;
- antigeluid.

In onderstaande Figuur 4.1 is de locatie van de maatregelen aangegeven:



Figuur 4.4.1: Maatregelen in beeld

Omkasten van motor en/of fundatie, a priori een wellicht voor de hand liggende maatregel, is in de lijst van maatregelen niet opgenomen omdat dit alleen een geluidreductie oplevert voor de machinekamer maar niet voor de leefvertrekken. Omkasten zorgt namelijk alleen voor een reductie van het luchtgeluid maar niet voor een reductie van het constructiegeluid dat maatgevend is voor het geluidniveau in de leefvertrekken.

Enkele maatregelen in de lijst zijn vanwege hun kosten of andere praktische bezwaren waarschijnlijk niet uitvoerbaar. Voor deze maatregelen is onderstaand kort uitgelegd wat ze inhouden en wat de bezwaren zijn.

Voor de andere maatregelen is in de navolgende paragrafen iets uitgebreider ingegaan op de fysische werking van een maatregel, het (theoretisch) effect van die maatregel en de kosten.

Mogelijke reductie door begrenzing van toerental

Het komt voor dat bij het (her)motoriseren van schepen een motor wordt geplaatst die (veel) meer vermogen heeft dan er gebruikt wordt tijdens het varen. De regelgeving omtrent het meten van geluidniveaus baseert zich echter op percentages van het totale motorvermogen. In zowel het vooronderzoek als het huidige onderzoek is naar voren gekomen dat **de overschrijdingen van de eisen in het ROSR met name plaatsvinden bij hogere toerentallen**. Het loont dus om bij hermotorisering van een schip voor een motor te kiezen die niet méér vermogen heeft dan nodig is.

Een andere mogelijkheid om de geluidniveaus op het schip laag te houden, is het toepassen van een begrenzer. Hiermee zullen toerentallen/motorvermogens onder een bepaald niveau blijven en daarmee de geluidniveaus worden beperkt. Een lager vermogen zal al naar gelang de al gepleegde maatregelen op het schip enkele dB's opleveren. Er zal per schip bekeken moeten worden op welk vermogen zo'n begrenzer afgesteld dient te worden. Een bijkomend voordeel is dat regelgeving soms gebaseerd is op maximale vermogens. Lagere maximale vermogens betekent dan minder strenge regels. Wel moet gelet worden op bestaande regelgeving, zoals bijvoorbeeld de minimumsnelheid van 13 km/uur, waaraan moet worden blijven voldaan.

Aanpassingen aan de schroef

Als in de analyses duidelijke **schroeffrequenties** herkenbaar zijn, dan is de schroef een bron. Trillingen van de schroefbladen kunnen via het water de scheepsconstructie bereiken, of via de schroefas en de lagering ervan. Een slechte uitlijning van de schroefas kan de trillingskrachten op de lagering (en dus het geluid in het schip) verergeren. Schroefbladen kunnen trillen omdat ze relatief licht zijn (in verhouding tot het vermogen dat ze moeten doorgeven) of omdat ze beschadigd zijn.

Behalve de schroeffrequenties is de schroef ook de bron van **cavitatiegeluid**. Dat is breedbandig geluid dat vaak pas vanaf een bepaald toerental optreedt. Dit geluid wordt veroorzaakt door het imploderen van de luchtbelletjes die de schroef in het water opwekt en het plant zich voort door het water naar de scheepshuid. Cavitatiegeluid is vooral gerelateerd aan de vorm van de schroef en de omwentelfrequentie.

Aanpassen van de schroef betekent, afhankelijk van de situatie:

- Vervangen van een beschadigde schroef;
- Vervangen van de schroef door een schroef die minder trilt (die bijvoorbeeld zwaarder of stijver is) waardoor de trillingsniveaus bij de schroeffrequenties lager worden;
- Vervangen van de schroef door een schroef die door zijn vorm minder cavitatie veroorzaakt;
- Vervangen van de schroef door een schroef die bij een lager toerental dezelfde stuwkracht kan leveren (bijvoorbeeld meer of grotere bladen) waardoor schroeffrequenties lager van toon en lager in niveau worden en cavitatie niet meer optreedt;
- Opnieuw uitlijnen van een (slecht uitgelijnde) aandrijfas, waardoor schroeffrequenties minder goed worden doorgegeven aan de scheepsconstructie;

- Toepassen van een straalbuis. Door het profiel van de straalbuis (vorm van een draagvleugel) ontstaat er liftwerking. De aanstroomsnelheid wordt verhoogd en daarmee de druk verlaagd. De straalbuis levert een positieve stuwdruk die groter is dan de verminderde stuwkracht van de schroef. Daardoor wordt het voorstuwingsrendement van de schroef verhoogd (circa 20%). Tegelijkertijd beschermt de straalbuis de schroef en is er betere koersstabiliteit. De kans op cavitatie is echter wel groter, afhankelijk van de lift-weerstandsverhouding.

Een andere schroef zal in veel gevallen ook betekenen dat motor en/of keerkoppeling moet worden vervangen, omdat de aandrijflijn (motor+keerkoppeling+schroef) een geïntegreerd geheel is dat geoptimaliseerd is voor een bepaald werkpunt (toerental). Vervanging van de schroef is daardoor al snel erg duur, zoals het vooronderzoek al aantoonde.
Uitlijnen is veel goedkoper maar alleen zinnig als er sprake is van dominantie van schroeffrequentie èn van een slechte uitlijning. Of van dit laatste sprake is, is op basis van geluidonderzoek niet vast te stellen en daardoor als vaste te adviseren maatregel niet te hanteren.

Bij dominantie van schroeffrequenties is het in ieder geval te adviseren de schroef en de uitlijning van de aandrijfas te controleren en zo nodig te vervangen. De te behalen geluidreductie ligt, afhankelijk van de grootte van de rol van de schroeffrequenties, in de orde van enkele dB's.

Extra verstijven fundatie
Door het verstijven van de fundatie van motor en/of keerkoppeling worden trillingen in de regel minder effectief doorgegeven. Dit pakt echter niet altijd positief uit. Deze maatregel is **vooral geschikt daar waar (al) een afvering van de motor en/of keerkoppeling is toegepast**. De werkzaamheid van de afvering wordt ermee verbeterd, aangezien bij onvoldoende stijfheid van de fundatie een afvering onvoldoende werkt. Zeker bij schepen waarin pas later een afvering is toegevoegd, is de kans groot dat dit is gebeurd zonder de noodzakelijke bijbehorende aanpassing van de fundatie.
Het is als maatregel een enorme ingreep. Al het bovenwerk dient ervoor weggehaald te worden, inclusief motor en keerkoppeling zelf. Het is vanwege tijd en impact een flinke investering maar wordt in combinatie met het toch al op veren plaatsen van motor of keerkoppeling ten zeerste aangeraden.

Doos-in-doos constructies
Bij doos-in-doos-constructies krijgen kamers **een extra binnenconstructie** die volledig akoestisch ontkoppeld wordt geplaatst ten opzichte van de buitenconstructie, bijvoorbeeld door veren. De trillingen van de motor die aan de scheepswand worden doorgegeven, zullen zo worden gedempt door de vering. Het belangrijkste probleem bij doos-in-doos-constructies is de beperkte hoogte van ruimtes. Er is een bepaalde minimale stahoogte op schepen en deze wordt in ruimtes vaak al maar net gehaald. Bij doos-in-doos constructies moet al snel gedacht worden aan een extra constructiedikte van 10-20 cm. Hier is vaak geen ruimte voor.
Een variant van de doos-in-doos constructie is het alleen in een doos plaatsen van de het bed: de **bedstee**. Aangezien de slaapplaats het meest kritisch is wat betreft het behalen van de geluideisen en stahoogte (in bed) mogelijk geen formele belemmering vormt, ligt het voor de hand juist deze van een akoestische schil te voorzien. Echter, in de praktijk blijkt dat zelfs voor een bedstee in de regel geen ruimte is: de decimeters die een akoestische schil nodig heeft, gaan direct ten koste van de lengte en breedte van het bed.
De maatregel is verder ook nog eens heel kostbaar.

Omwisselen vertrekken
Het zou in een individueel geval gunstig kunnen zijn woonvertrek en slaapvertrekken op het schip om te draaien. Slaapvertrekken liggen vaak achterin het schip, boven de motor en dichtbij de schroef, en worden daardoor sterker belast met geluid dan de woonvertrekken. Omwisselen is wellicht denkbaar voor schepen die varen volgens exploitatiewijze A1, waarbij de slaapkamers niet hoeven te voldoen aan de ROSR. Aangezien in de woonkamer hogere niveaus toelaatbaar zijn, zou het kunnen dat door het omdraaien van vertrekken, makkelijker aan de ROSR wordt voldaan. Het omwisselen van vetrekken betekent echter ook dat allerlei voorzieningen moeten worden verplaatst. De hoge kosten die dit met zich meebrengt, samen met veel praktische overwegingen, maken het in de praktijk waarschijnlijk moeilijk deze maatregel toe te passen.

4.3.2 Mogelijke reductie door trillingsgeïsoleerd opstellen motor en/of keerkoppeling

In het voorliggende rapport is beschreven dat **op alle schepen de motor de dominante bron** blijkt te zijn. Deze bron is te herkennen aan haar tonale componenten (specifieke frequenties). De winst (reductie) bij het trillingsgeïsoleerd opstellen van de motor is afhankelijk van de trillingsenergie in deze frequenties ten opzichte van het totale trillingsniveau. Voor alle schepen gemeten in het kader van dit onderzoek, bedraagt de mogelijke reductie van het *motorgeluid* in de ordegrootte van10 dB, uitgaande van veren die zorgen voor een afveerfrequentie van maximaal 16 Hz. De reductie op het *totale* geluidniveau is meestal minder door de invloed van de andere, minder dominante, bronnen die na aanpak van de motor boven komen drijven. Daarom verdient het de voorkeur zowel motor als keerkoppeling op veren te zetten. Bij het op veren zetten van de keerkoppeling is het belangrijk te beseffen dat de mogelijkheden hierin bepaald worden door de grootte van de stuwdruk. Hoe hoger de stuwdruk is, hoe minder flexibel de opstelling kan worden. Dit bekent ook minder trillingsisolatie. Om de stuwdruk op te vangen wordt vaak een semi-starre opstelling gebruikt voor de keerkoppeling. Dit levert vooral winst op in de hoge frequenties.
In de praktijk wordt daarom 6 à 7 dB reductie verwacht ten gevolge van het afveren van de motor en/of keerkoppeling, en zijn de extra dB's pas te incasseren als ook de andere bronnen (zoals schroefgeluid) worden aangepakt.

4.3.3 Mogelijke reductie door ontdreuningsmatten

Ontdreuningsmatten reduceren trillingen van vlakken (wanden, plafond en vloer) door massaverhoging en verschuiven bovendien de grensfrequentie naar boven. **Hierdoor straalt een vlak minder makkelijk geluid af**. Ze bestaan uit dunne, zware matten die op een vlak worden bevestigd of pasta's die op een vlak worden gesmeerd. Het zijn goedkope oplossingen die weinig ruimte innemen en makkelijk toe te passen zijn.

De mogelijke geluidreductie door verdubbeling van de massa is theoretisch 6 dB. In de praktijk wordt dit echter bijna nooit gehaald in verband met onbedoelde koppelingen van het vlak, het niet volledig kunnen bedekken van vlakken, afwerkfouten, enzovoorts. Een reële schatting voor de geluidreductie ligt dichterbij de 3 dB. Daarnaast is er, bij lagere frequenties, nog extra geluidreductie mogelijk door het verschuiven van de grensfrequentie, maar dat is afhankelijk van de bestaande grensfrequentie. Uit de metingen in dit onderzoek blijkt dat deze extra geluidreductie voor de onderzochte schepen niet te verwachten is. Er kan dus slechts worden gerekend op 3 tot 6 dB reductie.

In sommige gevallen zal het ontdreunen van één vlak in een ruimte al voldoende zijn om een hoorbare verlaging van het geluid te bewerkstelligen.

Het is dan wel belangrijk dat het juiste (meest overlast gevende) vlak wordt ontdreund. Als in een binnenvaartschip één vlak in een ruimte volledig wordt bedekt met ontdreuningsmatten, is de benodigde hoeveelheid slechts 6 m^2 per ruimte.

De matten kunnen zowel aan de voorzijde als achterzijde van wanden bevestigd worden. Bij bevestiging aan de voorkant zal de ontdreuningsmat echter nog afgewerkt moeten worden. Dit zal in veel gevallen niet de gewenste oplossing zijn, vanwege tijd, geld en de toch al beperkte ruimte op schepen. Aangeraden wordt dan ook om de matten indien mogelijk aan de achterkant van de bestaande binnenwanden te bevestigen.

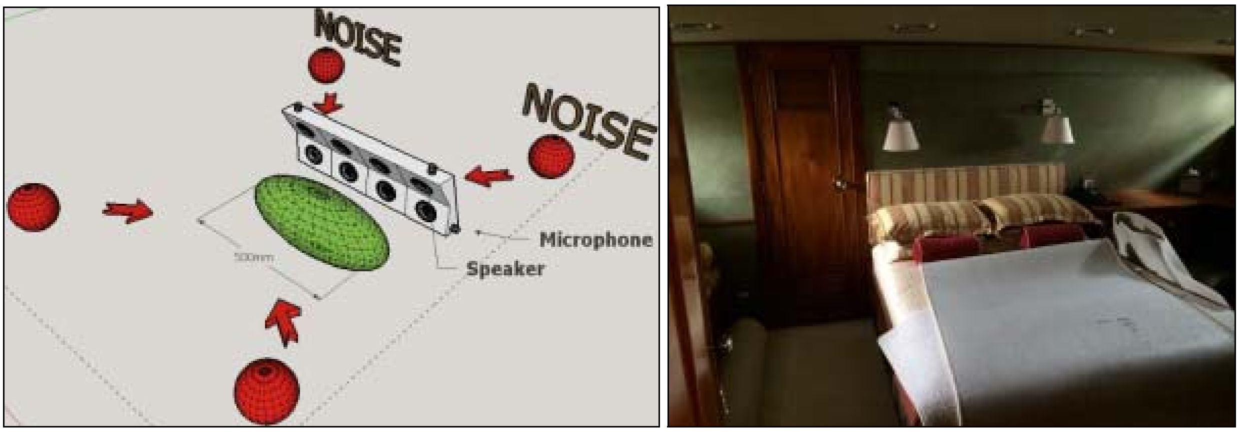
Er zijn veel producenten in Nederland die ontdreuningsmateriaal aanbieden, zoals Merford, de Akoestiekwinkel en Redux. Als voorbeeld wordt in paragraaf 4.5 van Merford hun product met richtprijs genoemd.



Figuur 4.4.2: Merford Vibraflex SX ontdreuningsmat (bron: shop.merford.com/vibraflex-sx-geluidsisolatie-ontdreuningsplaten)

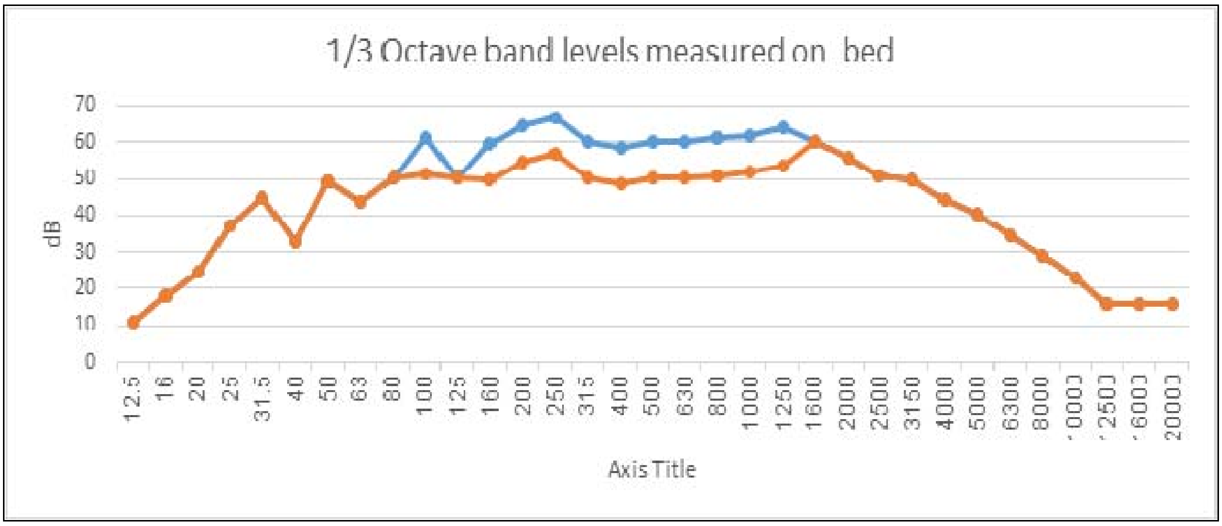
4.3.4 Mogelijke reductie door antigeluid

Het Israëlisch bedrijf Silentium heeft een antigeluid systeem ontwikkeld dat onder andere wordt toegepast in luxe jachten. Het systeem zorgt voor een lokaal **lager geluidniveau, bijvoorbeeld ter plaatse van het kussen** op het bed, met behulp van antigeluid. Figuur 4.3 toont een voorbeeld van het systeem zoals in gebruik in een jacht.



Figuur 4.4.3: voorbeeld antigeluid systeem

Silentium heeft op basis van de meetresultaten op de Melvin een eerste inschatting gemaakt van de mogelijk te behalen geluidreductie. Figuur 4.4 geeft het resultaat. De blauwe lijn geeft het geluidniveau per tertsband zoals het is gemeten. De oranje lijn geeft het geluidniveau inclusief antigeluid systeem. De reductie bedraagt circa 6 dB(A).



Figuur 4.4.4: mogelijk effect antigeluid systeem "quiet bubble".

In figuur 4.4. is te zien dat het systeem effectief is voor de frequenties tussen 80 en 1250 Hz. De motorfrequentie en haar harmonischen bevinden zich in dit gebied. Binnen deze frequenties is de verbetering zo'n 10 dB. Het geluidreducerend effect is beperkt bij de lagere frequenties als gevolg van de afmetingen van de speakers. Door grotere speakers te gebruiken, kunnen lagere frequenties beter worden gereduceerd maar het effect op het totale geluidniveau zal relatief beperkt zijn omdat de lage frequenties niet maatgevend zijn ten opzichte van de hogere frequenties.

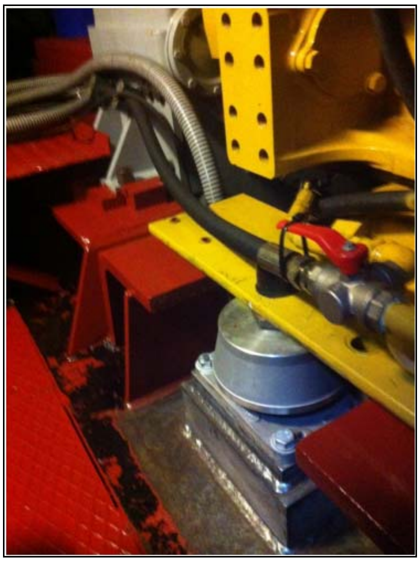
In het frequentiebereik van 1600 Hz en hoger heeft het systeem geen effect meer. Deze hogere frequenties zijn echter nog wel bepalend voor het totale geluidniveau. Om het reducerende effect van het antigeluid systeem te verbeteren, zou bijvoorbeeld de geluidabsorptie in de ruimte voor de hogere frequenties verbeterd kunnen worden waardoor de invloed van het geluidniveau in deze frequenties afneemt. In sommige gevallen zal de combinatie met ontdreuningsmatten ook voor een verlaging van het geluidniveau in de hogere frequenties kunnen zorgen.

4.4 Reductie in de praktijk

In de onderzoeksperiode zijn geluidreducerende maatregelen aan het schip de Melvin getroffen. De motor van het schip is op vier trillingsisolatoren geplaatst van het type RD314 met een rubberhardheid van 45 shore. Figuur 4.5 laat zo'n trillingsisolator zien. Met deze maatregel is de overdracht van trillingen beperkt en daarmee van het afgestraalde geluid via de constructie van het schip.

De resultaten van de trillingsmetingen op het schip na toepassing van de maatregel is als volgt. Er is een duidelijke reductie van pieken geconstateerd van de hoofdmotor. Het op trillingsisolatoren plaatsen van de motor geeft zichtbare reducties. De 1^{e} en 2^{e} orde van de motorfrequenties blijven echter zichtbaar als overblijvende sterke pieken en schroeffrequenties worden nu prominenter door het wegvallen van andere pieken.

Een aantal harmonischen wordt nog steeds via de motorbasis doorgegeven, de overige via de keerkoppeling die nog star staat opgesteld.



Figuur 4.4.5: motor Melvin opgesteld op trillingsisolatoren

Het effect van de maatregel op de geluidniveaus is weergegeven in tabel 4.2.

Tabel 4.2: Vergelijking geluidniveaus Melvin voor en na opstellen motor op trillingsisolatoren

			Geluidniveaus in dB(A)			
	Ruimte		Machinekamer	Stuurhut	Woonkamer	Slaapkamer**
Schip	*Eis ROSR*		***110***	***70***	***70***	***60***
MELVIN zonder	Meetconditie	85% MCR*	109	68	79	80
		MCR-mix	104	62	72	74
MELVIN met maatregel	Meetconditie	85% MCR*	108	64	74	77
		MCR-mix	104	58	67	71

*hoogst haalbare vermogen

** slaapkamer 1 bij hoofdkussen

Tabel 4.2 maakt duidelijk dat afhankelijk van de ruimte 1 tot 5 dB(A) geluidreductie is behaald. Voor de machinekamer was geen reductie te verwachten omdat daar het geluidniveau vooral door het luchtgeluid van de motor wordt bepaald. Voor de slaapkamer bedraagt de reductie 3 dB(A), voor de stuurhut 4 dB(A) en voor de woonkamer 5 dB(A). Voor de woonkamer voldoet het geluidniveau volgens de MCR-mix nu aan de toetsingswaarde van 70 dB(A).

Het effect van de maatregel is minder dan verwacht door de nog starre bevestiging van de keerkoppeling aan de scheepsconstructie. Als ook die bevestiging flexibel zou worden gemaakt, dan is de inschatting dat nog een reductie van 2 tot 3 dB(A) kan worden behaald. Daarmee wordt de overschrijding van het geluidniveau in de slaapkamer echter niet opgeheven.

4.5 Kosten maatregelen

Met betrekking tot de kosten van verschillende maatregelen is contact gezocht met een aantal scheepswerven. Vervolgens hebben de werven een vragenlijst ontvangen. Van twee werven is informatie ontvangen maar specifieke kosten voor maatregelen zijn niet genoemd.

Voor ontdreuningsmatten bedraagt de richtprijs € 10,-- - 25,-- per m^2, exclusief BTW, afwerkkosten en vrachtkosten, afhankelijk van de dikte en het type materiaal.

De kosten voor het antigeluid systeem worden geschat op circa € 7.000,-- excl. BTW. Het systeem wordt nu ingezet in voertuigen, vliegtuigen en jachten, maar dient voor binnenvaartschepen wellicht nog te worden aangepast. De fabrikant verwacht dat genoemde prijs reëel en haalbaar is.

Rederij Wijgula heeft voor een aantal maatregelen aan haar eigen schip de Karin, de kosten op een rij gezet:

Vervangen schroef:	€ 15.000,--
Omkasting hoofdmotor:	€ 15.000,--
Trillingsdempers uitlaat:	€ 780,--

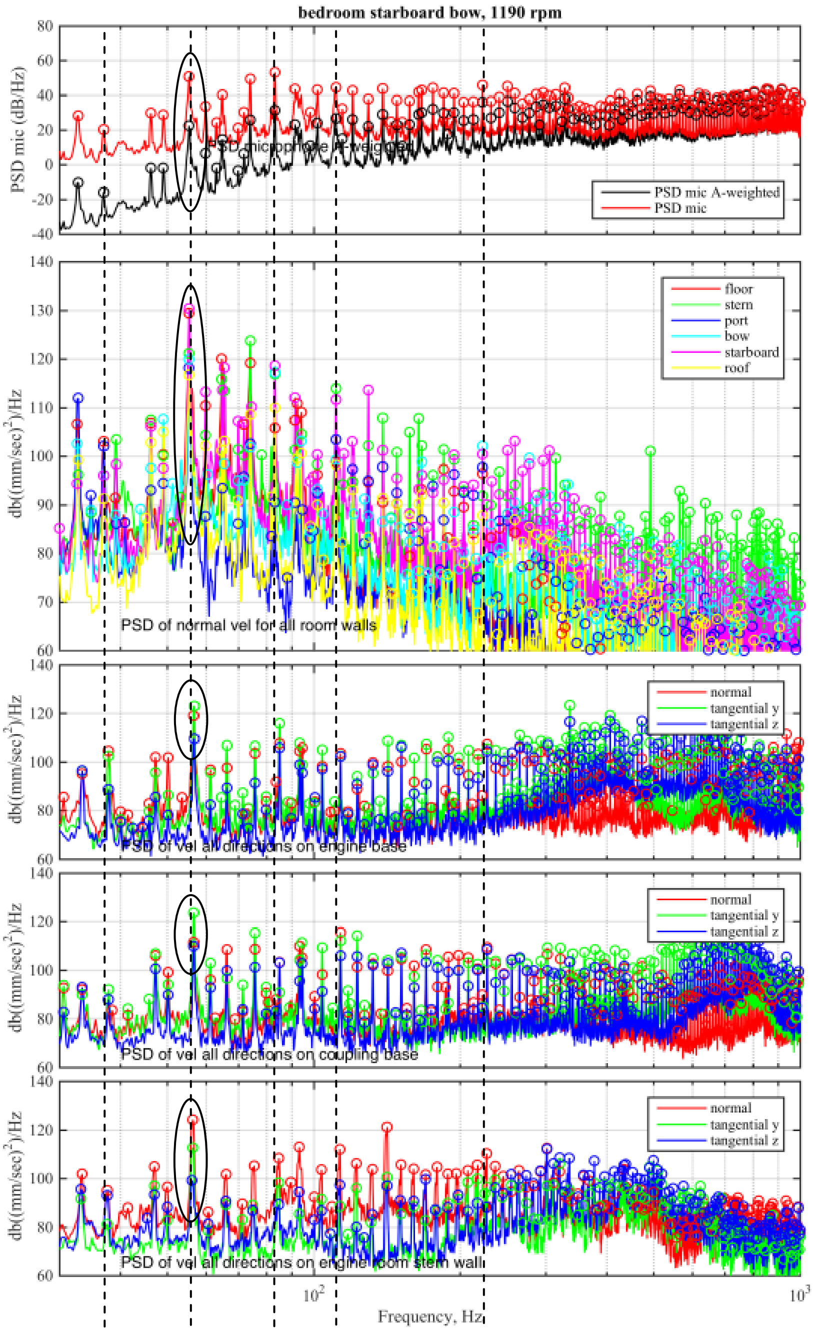
De kosten voor de maatregelen aan de Melvin bedroegen circa € 13.000,-- (afveren motor, aanpassen fundering motor).

4.6 Keuze van maatregelen

Zoals in tabel 4.1 te zien is, laten alle gemeten schepen een overeenkomstig beeld zien. Op alle schepen geldt dat de motor dominant is, met in mindere mate de schroef. Maatregelen aan de bronzijde vergen vaak veel investeringskosten en -tijd. **Het heeft desalniettemin altijd de voorkeur maatregelen te treffen aan de bronzijde. Dit levert namelijk voor alle ontvangruimtes tegelijk winst op**.

Als voorbeeld van de dominante motor als bron is in figuur 4.6 te zien dat de pieken in de ontvangruimte (1e grafiek van boven is microfoon, 2e grafiek van boven is de trilling van de wanden) rechtstreeks afkomstig zijn van de pieken van de motor (3e grafiek). Dit is o.a. te zien in de zwart omcirkelde gebieden, waar de motor de sterkste piek heeft, maar ook hoger en lager in het spectrum (zwart gestippelde lijnen). Dit was een vergelijkbaar beeld op alle schepen.

Twee gemeten schepen hebben al op veren geplaatste motoren (Virginia, Viator). In de meetresultaten is te zien dat op deze schepen minder hoge overschrijdingen voorkomen, maar nog steeds overschrijdingen. Ook komt uit de trillingsmetingen naar voren dat de motor nog steeds aan te wijzen is als belangrijkste bron. Hieruit blijkt dat de afveerfrequentie mogelijk niet efficiënt gekozen is. De afveerfrequentie die wordt aangeraden is 16 Hz, vanwege de over het algemene dominante 125 Hz octaafband in het geluidspectrum. Ook het verstijven van de fundatie, waarvan op beide schepen niet bekend is of dit gebeurd is, kan bijdragen aan een verlaging van niveaus.

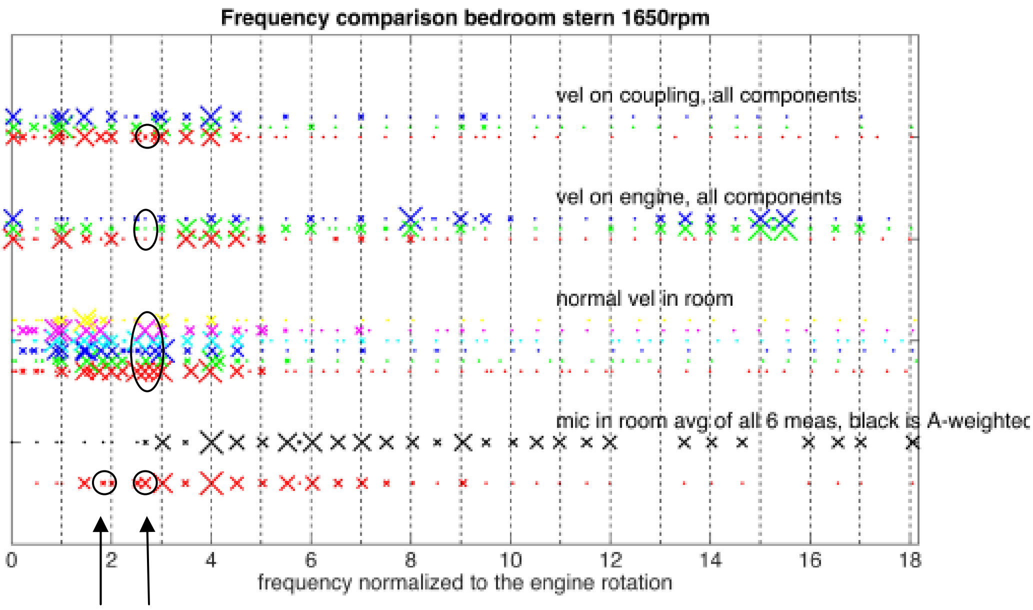


Figuur 4.6: Voorbeeld zichtbaarheid motorpieken in smalbandspectra

Als de belangrijkste veroorzaker van geluidniveaus, namelijk de motor, wordt weggenomen, is het belangrijk te weten welke bronnen zich hierna zullen manifesteren. Omdat motor, keerkoppeling en schroef één systeem zijn, is dat niet makkelijk door metingen aan te wijzen. Er zijn in de analyses wel enkele aanwijzingen.

Ten eerste in de frequentieanalyse. Hier is goed te zien wanneer een schroeffrequentie verantwoordelijk is voor pieken in de ontvangruimtes.

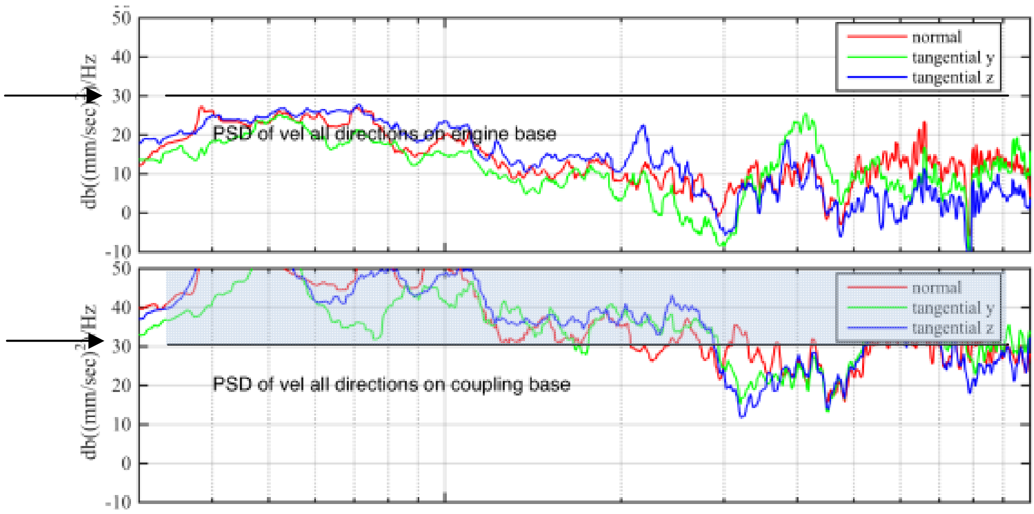
De schroeffrequenties bevinden zich namelijk tussen de hele en halve orde motorfrequenties (dit zijn de grondtoon en haar harmonischen, zie de begrippenlijst). De hele orde motorfrequenties bevinden zich in figuur 4.7 op de stippellijnen, de halve orden zitten er precies er tussenin. Als in de frequentieanalyse pieken te zien zijn tussen de hele en halve orde motorfrequenties, dan is dat een duidelijke aanwijzing dat de schroef een bron is. Dergelijke schroeffrequenties zijn te zien in de omcirkelde gebieden in figuur 4.7.



Figuur 4.7: Voorbeeld zichtbaarheid schroeffrequenties in frequentieanalyse

De schroeffrequenties waren in de analyses van alle schepen in meer of mindere mate zichtbaar.

Breedbandig is op alle schepen te zien dat de keerkoppeling een sterke verhoging van niveaus heeft bij hogere toerentallen. Dit is te zien als de niveaus van het lage toerental worden afgetrokken van het hoge toerentallen, een zogenaamde verschilanalyse. Figuur 4.8 geeft hiervan een voorbeeld voor één van de gemeten schepen. Het spectrum van de keerkoppeling heeft ten opzichte van de motor een hoger niveau, en is dus gerelateerd aan de hogere niveaus in de ontvangruimtes.



Figuur 4.8: Voorbeeld verschilanalyse (vergelijking laag en hoog toerental) voor de motor (boven) en de keerkoppeling (onder)

Een breedbandige toename van de trillingsniveaus van keerkoppeling duidt op cavitatie, die de ruimtes achterin het schip (vaak de slaapkamers) breedbandig aanstoten. De cavitatie is ook terug te zien als kracht op de keerkoppeling. Deze trilt harder door de kracht van de cavitatie. Het aanpakken van de keerkoppeling door deze ook op veren te plaatsen kan verbetering opleveren voor ruimtes in het midden van het schip, zoals de woonkamer. Wat deze verbetering exact zal zijn is moeilijk vast te stellen, door de verwevenheid van het systeem.

Wel zijn er nog mogelijkheden aan de ontvangzijde, zoals eerder in dit hoofdstuk is toegelicht. Als er in de schepen een bepaalde wand sterk dominant blijkt te zijn (zoals de achterwand in de stuurboord slaapkamer in de Melvin, waar een ‘rattle’ te horen was), dan zijn ontdreuningsmatten een snelle en goedkope oplossing voor het verlagen van niveaus. Er moet dan wel bedacht worden dat de verlaging van niveaus alleen geldt voor het ontdreunde vlak. De motor en keerkoppeling geven met dezelfde sterkte trillingen door aan de andere wanden. Het kan daarom nodig zijn om verschillende vlakken te ontdreunen, om een wezenlijk verschil in geluidniveau in de ruimte verwezenlijken. In paragraaf 4.7 zijn tabellen gegeven die aangeven welke wanden op de schepen effectief ontdreund kunnen worden, zodat een winst van circa 3 dB in de kamers wordt behaald. Door de hoge afstraalfrequentie (boven de 1 kHz, onder deze frequentie wordt dus al maar een deel van de trilling omgezet in geluid) levert het opschuiven van de grensfrequentie door de ontdreuningsmatten geen extra winst op en kan alleen effectief gebruik worden gemaakt van de massaverhoging (dat een verlaging van trillingsniveaus oplevert).

4.7 Effect volgorde maatregelen

De motor is dus de meest dominante bron en het treffen van maatregelen aan de motor heeft vanuit technisch oogpunt de voorkeur (effect op alle ruimten), maar brengt wel hoge kosten met zich. Aan de andere kant is het ontdreunen relatief goedkoop, maar het effect beperkt tot de ruimte waar de ontdreuning wordt toegepast. Daarom is onderzocht wat het effect is van de keuze in volgorde van beide maatregelen.

Als eerste is gekeken wat het niveauverschil is als de pieken veroorzaakt door de motor worden weggenomen, aangezien de motor de meest dominante bron is. Ook is gekeken wat het effect kan zijn van het ontdreunen, een voor de hand liggende aanvullende oplossing.

Er is gekeken hoeveel vlakken ontdreund moeten worden om een verbetering van circa 3 dB te behalen, waarbij wanden maximaal één keer ontdreund worden (één keer massaverdubbeling toegepast).

Ten tweede is gekeken naar de verbetering als eerst wordt ontdreund, en daarna pas de motor op veren wordt gezet. De dominante wanden kunnen verschillend zijn; als eerst wordt ontdreund moet naar de bijdrage van de pieken worden gekeken. Als de motor eerst op veren wordt gezet, moet gekeken worden naar de breedbandige component van de wanden. Deze kunnen van elkaar verschillen.

De resultaten van beide situaties zijn per schip in tabellen weergegeven:
- Tabel 4.3: Bobo;
- Tabel 4.4: Kreeft;
- Tabel 4.5: Virginia;
- Tabel 4.6: Viator;
- Tabel 4.7: Melvin met alleen motor op trillingsisolatoren en ontdreuning toegevoegd.

Tabel 4.3 a en b: Invloed van maatregelen op geluidniveau in de Bobo met a) eerst motor op veren en b) eerst ontdreuningsmatten toegevoegd)

Schip	Ontvangende ruimte	Invloed van maatregelen op niveau (dB(A))						
		Niveau huidig	**Motor op veren**	**Vlak 1 ontdr.**	**Vlak 2 ontdr.**	**Vlak 3 ontdr.**	**Vlak 4 ontdr.**	**Totale verschil**
BOBO	Woonkamer	70,0	63,7	62,9	62,5	62,1		-7,9
				Vloer	Achterw.	Bakb.		
	Slaapkamer bakboord	72,9	65,5	64,7	64,1	63,5		-9,4
				Achterw.	Vloer	Voorw.		
	Slaapkamer stuurboord	74,5	67,2	65,9	65,3	64,8		-9,7
				Stuurb.	Vloer	Achterw.		
	Slaapkamer achter	76,1	68,5	67,5	66,9	66,3		-9,8
				Voorw.	Vloer	Achterw.		

Schip	Ontvangende ruimte	Invloed van maatregelen op niveau (dB(A))						
		Niveau huidig	**Vlak 1 ontdr.**	**Vlak 2 ontdr.**	**Vlak 3 ontdr.**	**Vlak 4 ontdr.**	**Motor op veren**	**Totale verschil**
BOBO	Woonkamer	70,0	69,0	68,6	68,2		64,4	-8,1
			Plafond	Bakb.	Stuurb.			
	Slaapkamer bakboord	72,9	72,1	71,3	70,7		63,3	-9,6
			Vloer	Achterw.	Voorw.			
	Slaapkamer stuurboord	74,5	73,5	72,8	72,1		64,8	-9,7
			Stuurb.	Vloer	Achterw.			
	Slaapkamer achter	76,1	75,1	74,5	73,9		66,3	-9,8
			Achterw.	Voorw.	Vloer			

Tabel 4.4 a en b: Invloed van maatregelen op geluidniveau in de Kreeft met a) eerst motor op veren en b) eerst ontdreuningsmatten toegevoegd)

Schip	Ontvangende ruimte	Invloed van maatregelen op niveau (dB(A))						
		Niveau huidig	**Motor op veren**	**Vlak 1 ontdr.**	**Vlak 2 ontdr.**	**Vlak 3 ontdr.**	**Vlak 4 ontdr.**	**Totale verschil**
KREEFT	Woonkamer	72,9	72,3	71,4	70,5			-2,4
				Plafond	Vloer			
	Slaapkamer bakboord	69,1	66,6	65,8	65,2	64,7		-4,4
				Bakb.	Plafond	Stuurb.		
	Slaapkamer stuurboord	68,2	65,6	65,2	64,7	64,1	63,5	-4,7
				Bakb.	Plafond	Voorw.	Vloer	
	Slaapkamer achter	73,0	70,8	70,1	69,5	68,9	68,3	-4,7
				Plafond	Vloer	Achterw.	Stuurb.	

Schip	Ontvangende ruimte	Invloed van maatregelen op niveau (dB(A))						
		Niveau huidig	**Vlak 1 ontdr.**	**Vlak 2 ontdr.**	**Vlak 3 ontdr.**	**Vlak 4 ontdr.**	**Motor op veren**	**Totale verschil**
KREEFT	Woonkamer	72,9	72,0	71,2	70,6		70,0	-2,9
			Vloer	Plafond	Stuurb.			
	Slaapkamer bakboord	69,1	68,4	67,7	67,2		64,7	-4,4
			Plafond	Bakb.	Vloer			
	Slaapkamer stuurboord	68,2	67,7	67,1	66,4	65,9	63,3	-4,9
			Plafond	Bakb.	Voorw.	Vloer		
	Slaapkamer achter	73,0	71,9	71,4	70,8		68,6	-4,4
			Plafond	Achterw.	Vloer			

Tabel 4.5 a en b: Invloed van maatregelen op geluidniveau in de Virginia met a) eerst motor op veren en b) eerst ontdreuningsmatten toegevoegd)

Schip	Ontvangende ruimte	Invloed van maatregelen op niveau (dB(A))						
		Niveau huidig	**Motor op veren**	**Vlak 1 ontdr.**	**Vlak 2 ontdr.**	**Vlak 3 ontdr.**	**Vlak 4 ontdr.**	**Totale verschil**
VIRGINIA	Woonkamer	70,1	66,3	65,2	64,3	63,7		-6,4
				Bakb.	Plafond	Vloer		
	Slaapkamer bakboord onder achter	65,6	61,2	59,7	59,1			-6,5
				Plafond*	Vloer			
	Slaapkamer stuurboord onder achter	69,5	65,1	62,7				-6,8
				Vloer** (zie tabel hieronder)				
	Slaapkamer stuurboord boven achter	70,3	67,5	65,9	65,4			-4,9
				Vloer*	Stuurb.			

Schip	Ontvangende ruimte	Invloed van maatregelen op niveau (dB(A))						
		Niveau huidig	**Vlak 1 ontdr.**	**Vlak 2 ontdr.**	**Vlak 3 ontdr.**	**Vlak 4 ontdr.**	**Motor op veren**	**Totale verschil**
VIRGINIA	Woonkamer	70,1	69,3	68,4	67,4		62,9	-7,2
			Plafond	Vloer	Bakb.			
	Slaapkamer bakboord onder achter	65,6	64,0	63,5			59,0	-6,6
			Plafond*	Vloer				
	Slaapkamer stuurboord onder achter	69,5	67,1				52,7	-6,8
			Vloer**: op hoge toerental was de vloer veel dominanter dan het eerstvolgende vlak, veroorzaakt door cavitatie. Op lagere toerentallen is deze dominantie juist te vinden voor het plafond. Geadviseerd wordt om de schroef te controleren, of om de vloer af te veren, in plaats van te ontdreunen					
	Slaapkamer stuurboord boven achter	70,3	69,1	68,4			65,7	-4,6
			Vloer*	Stuurb.				

* Voor deze berekening zijn de trillingsniveaus genomen tijdens het hoogste toerental. Op dit hoge toerental was plafond/vloer veel dominanter dan het eerstvolgende vlak. Hier kan vanwege de dominantie gedacht worden aan verzwaren en verstijven van plafond/vloer. Ook kan de dominantie van vlakken op lagere toerentallen anders zijn, waardoor ontdreunen van andere vlakken toch zinvol kan zijn. Gedetailleerdere studie van de analyses is hiervoor nodig.

Tabel 4.6 a en b: Invloed van maatregelen op geluidniveau in de Viator met a) eerst motor op veren en b) eerst ontdreuningsmatten toegevoegd)

Schip	Ontvangende ruimte	Invloed van maatregelen op niveau (dB(A))						
		Niveau huidig	**Motor op veren**	**Vlak 1 ontdr.**	**Vlak 2 ontdr.**	**Vlak 3 ontdr.**	**Vlak 4 ontdr.**	**Totale verschil**
VIATOR	Woonkamer stuurboord	65,9	60,5	59,1	58,4			-7,5
				Plafond**	Achterw.			
	Woonkamer bakboord	67,1	63,4	61,2				-5,9
				Plafond** (zie volgende tabel)				
	Slaapkamer stuurboord	64,3	60,8	59,9	59,1	58,3		-6,0
				Plafond	Voorw.	Stuurb.		
	Slaapkamer bakboord	65,8	61,0	60,2	59,7	59,1		-6,7
				Vloer	Plafond	Achterw.		

Schip	Ontvangende ruimte	Invloed van maatregelen op niveau (dB(A))						
		Niveau huidig	**Vlak 1 ontdr.**	**Vlak 2 ontdr.**	**Vlak 3 ontdr.**	**Vlak 4 ontdr.**	**Motor op veren**	**Totale verschil**
VIATOR	Woonkamer stuurboord	65,9	64,3	63,9			58,5	-7,4
			Plafond**	Vloer				
	Woonkamer bakboord	67,1	65,0				61,3	-5,8
			Plafond**: op hoge toerental was het plafond veel dominanter dan het eerstvolgende vlak. Geadviseerd wordt om te verstijven. Op lagere toerentallen is deze dominantie echter veel minder.					
	Slaapkamer stuurboord	64,3	63,2	62,4	61,8		58,3	-6,0
			Plafond	Stuurb.	Voorw.			
	Slaapkamer bakboord	65,8	65,2	64,6			59,7	-6,1
			Vloer	Achterw.				

Tabel 4.7a: Invloed van maatregelen op geluidniveau in de Melvin met motor op veren en ontdreuningsmatten toegevoegd

Schip	Ontvangende ruimte	Invloed van maatregelen op niveau (dB(A))						
		Niveau huidig	Motor op veren	Vlak 1 ontdr.	Vlak 2 ontdr.	Vlak 3 ontdr.	Vlak 4 ontdr.	Totale verschil
MELVIN	Woonkamer	72,5	64,5	63,4	62,8	62,3		-10,2
				Vloer	Voorw.	Bakb.		
	Slaapkamer bakboord	74,5	66,2	65,1	64,3	63,8		-10,7
				Bakb.	Vloer	Plafond		
	Slaapkamer stuurboord	72,9	65,2	64,1	63,7	63,3		-9,6
				Vloer	Stuurb.	Achterw.		

Uit de tabellen blijkt dat de uiteindelijke totale reductie ongeacht de volgorde van het treffen van de maatregelen elkaar niet veel ontloopt. Een enkele dB is geen hoorbaar verschil. Wat dat betreft hoeft niet per se begonnen te worden met maatregelen aan de motor. Er kan voor gekozen worden om te beginnen met ontdreunen, eventueel zelfs gefaseerd per ruimte.

Wel is het zo dat er verschil is in de locatie van het ontdreunen afhankelijk van de situatie; of de motor wel of niet is afgeveerd. Dit kan betekenen dat op het moment dat eerst gekozen wordt voor ontdreunen en dan pas voor de motor, ontdreuning op een bepaalde plaats na het treffen van de maatregel aan de motor niet meer nodig zou zijn geweest omdat dat vlak dan niet meer maatgevend is in de geluidafstraling. Het risico bestaat dus dat geld is uitgegeven voor een maatregel die achteraf niet zinvol is. Daar tegenover staat de kosten voor het ontdreunen relatief laag zijn. Het reducerend effect van het starten met ontdreunen is relatief beperkt en bedraagt in ordegrootte circa 2 tot 3 dB(A).

Zoals eerder in dit hoofdstuk aangegeven, wordt de werkelijke winst in niveaus in sterke mate bepaald door uitvoering van de maatregelen. Dit geldt voor zowel maatregelen aan de ontvangkant als aan de bronkant. Dit is bijvoorbeeld te zien op de schepen Viator en Virginia, waar het op veren plaatsen van de motor niet de gewenste resultaten opleverde. ***Het verdient ten zeerste de aanbeveling dat analyse én uitvoering beiden zorgvuldig en met deskundigheid gebeuren.***

Behoudens de kosten voor de ondreuningsmatten, zijn de kosten voor de maatregelen over het algemeen hoog zeker als de derving in inkomsten als gevolg van het gedurende langere tijd stilliggen wordt meegenomen in de kostprijs. Het ligt daarom voor de hand om het treffen van maatregelen te combineren met groot onderhoud aan een schip.

4.8 Maatregelen catalogus scheepvaart

Voor een helder overzicht van maatregelen kunnen deze worden samengevat in een catalogus. In dit overzicht zijn eigenschappen, kosten en randvoorwaarden van maatregelen samengevat.

Voor elke maatregel dient een apart blad te worden ingevuld. Op basis van de meetresultaten, het advies omtrent de te nemen maatregelen en de inhoud van de catalogus, kan door de schipper een goede afweging gemaakt worden van de te nemen maatregelen.

Figuur 4.9 laat zien hoe zo'n maatregelblad er uit zou kunnen zien.

Maatregel:	*<productnaam>*
Leverancier:	*<naam leverancier>*
Korte beschrijving:	*<beschrijving>*

Ketenpositie:	bronmaatregel ☐	overdrachtmaatregel ☐	ontvangmaatregel ☐
Energetische werking:	absorptie/demping ☐	reflectie ☐	
Fysische werking:	*<beschrijving>*		

Effectief voor bronnen:	motor ☐	keerkoppeling ☐	generator ☐	schroef ☐	cavitatie ☐
Effectief voor afstand:	ruimte dichtbij maatregel ☐		ruimte ver van maatregel ☐		
Effectief voor ruimten:	motorruimte ☐		woonkamer ☐	slaapkamer ☐	
Effectief voor voortplanting:	luchtgeluid ☐		contactgeluid ☐		
Effectief in spectrum:	laagfrequent ☐		middenfrequent ☐	hoogfrequent ☐	
Effectief te combineren met:	*<beschrijving> bijv.: wordt vaak aangeboden in combinatie met...*				

Foto

Invoegverlies										
	vermogen	rpm	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	type schip	genomen maatregel
situatie 1										*bijv.: veren vervangen*
situatie 2										*bijv.: veren geplaatst, fundatie verstijfd*
situatie 3										
etc.										

Randvoorwaarden	
Akoestisch	*bijv.: ontkoppelde leidingen*
Architectonisch:	*bijv.: beschikbare hoogte, afwerking*
Bouwfysisch:	*bijv.: thermisch, ventilatie*
Brandveiligheid:	*bijv.: niet in motorruimte*
Constructief:	*bijv.: minimale dikte scheepshuid*
Installatietechniek:	*bijv.:*

Systeemintegratie	
Verbonden systemen:	*<beschrijving> bijv.: motor, scheepshuid*
Type verbinding:	*<beschrijving> bijv.: ontkoppeld*
Negatieve invloed:	*<beschrijving> bijv.: extra slijtage motor, verlopende uitlijning, etc.*
Positieve invloed:	*<beschrijving> bijv.: langere levensduur schroef*

Kosten		
Engineering:	*<aantal>*	euro
Materiaal:	*<aantal>*	euro
Inbouw:	*<aantal>*	euro
Onderhoud (per jaar):	*<aantal>*	euro
Inbouwtijd	*<aantal>*	weken

Onderhoudsaspect		
Levensduur:	*<aantal>*	jaren
Klein onderhoudcyclus:	*<aantal>*	jaren
	<aantal>	km
Groot onderhoudscyclus:	*<aantal>*	jaren
	<aantal>	km

Figuur 4.9: Voorstel maatregelblad uit maatregelencatalogus

4.9 Samenvatting

De resultaten van de trillingsmetingen op de schepen vertonen een zeer vergelijkbaar beeld:

- **de motor is op alle gemeten schepen de dominante bron**;
- de schroef is als bron ook te herkennen, maar minder dominant;
- bij hoge toerentallen treedt cavitatie op wat terug te zien is in breedbandige verhogingen van niveaus in ruimtes achterin de schepen (vaak de slaapkamers);
- in de woonkamer zorgt de kracht van de schroef op de keerkoppeling voor overschrijdingen bij hoge toerentallen;
- afstralende vlakken zijn veelal de vloer en buitenste scheepswanden, of wanden gepositioneerd rondom de machineruimte. Dominante afstralende vlakken zijn goed met trillingsmetingen te detecteren.

In dit hoofdstuk is een opsomming gemaakt van mogelijke maatregelen op de schepen. **Het heeft altijd de voorkeur maatregelen te treffen aan de bronzijde. Dit levert namelijk voor alle ontvangruimtes tegelijk winst op.** In dit hoofdstuk is naar voren gekomen dat sommige maatregelen in verband met tijd en geld mogelijk niet toepasbaar zijn op binnenvaartschepen. De maatregelen die daarom worden voorgesteld zijn het op veren plaatsen van de motor in combinatie met het verstevigen van de fundering (idealiter ook in combinatie met het checken van de schroef), en het toepassen van ontdreuningsmatten. Ontdreuningsmatten alleen leveren 2-3 dB winst op; de motor op veren zetten al naar gelang de energie in de motorpieken (dat moet per individueel schip bekeken worden) in de ordegrootte van 5-10 dB (bij een afgestemde afveerfrequentie, voor deze schepen maximaal 16 Hz). Het is daarbij wel belangrijk van tevoren te bepalen in welke volgorde de maatregelen genomen gaan worden, omdat dominante afstralende vlakken mogelijk wijzigen na het op veren zetten van de motor. Het inschakelen van een kundig adviseur en uitvoerder/installateur van de maatregelen wordt ten alle tijden aanbevolen.

5 Flexibilisering normstelling

5.1 Inleiding

In het vooronderzoek wordt geconcludeerd dat een rigide toepassing van de huidige normstelling leidt tot een geluidprobleem voor een grote groep schepen. Dit wordt in het vervolgonderzoek bevestigd. Zie hiervoor de meetresultaten in hoofdstuk 3. In voorliggend hoofdstuk wordt daarom een voorstel gedaan voor een flexibilisering van de normstelling. Hierbij is de methodiek uit de Wet geluidhinder[5] voor wegverkeerslawaai als kapstok gebruikt. In deze systematiek komen namelijk belangrijke begrippen terug die ook bruikbaar zijn voor de scheepvaart. Te denken valt aan begrippen als voorkeursgrenswaarde en maximale ontheffingswaarde, een beoordeling op basis van een gemiddeld geluidniveau in plaats van de beoordeling op basis van een momentaan geluidniveau en een doelmatigheidsafweging van maatregelen (zie bijlage VII voor meer uitleg van begrippen).

De verwachting is bovendien dat niet voor alle schepen de normstelling onverkort van toepassing hoeft te zijn. **Voor schepen die maximaal 14 uur varen en die bereid zijn hun exploitatiewijze hierop aan te passen (exploitatiewijze A1), zijn de geluidvoorschriften voor de slaapvertrekken immers niet van toepassing.** Door middel van een enquête is daarom onderzocht voor welke ordegrootte (percentage) van het aantal schepen dit het geval zou kunnen zijn.

5.2 Enquête

5.2.1 Opzet

Om inzicht te krijgen in de vaar- en leefgewoonten van de schippers en overige aanwezigen binnen de betreffende doelgroep van schepen, is een enquête opgesteld die vervolgens via diverse kanalen vanuit de klankbordgroep is verspreid. Onderstaande vragen zijn in de enquête geformuleerd:

- In welk jaar is de kiel van uw schip gelegd?
- Wat is uw functie op het schip?
- Hoeveel uur wordt er gemiddeld met uw schip gevaren per 24 uur?
- Wordt er gelijktijdig door iemand gevaren en door anderen geslapen op uw schip?
- Hoeveel uur verblijft u gemiddeld per 24 uur in de woonkamer van uw schip terwijl het schip vaart?
- Hoeveel uur verblijft u gemiddeld per 24 uur in uw slaapkamer terwijl het schip vaart?
- Hoeveel uur verblijft u gemiddeld per 24 uur in de stuurhut van uw schip terwijl het schip vaart?
- Hoeveel uur verblijft u gemiddeld per 24 uur in de machinekamer van uw schip terwijl het schip vaart?

5.2.2 Resultaten

De enquête is door 162 personen (N=162) ingevuld van schippers tot matrozen. 112 Ingevulde enquêtes betreffen schepen van vóór 1976. Een overzicht van de resultaten is weergegeven in bijlage VI.

---

[5] De Wet geluidhinder dateert uit 1979 en biedt geluidsgevoelige bestemmingen (zoals woningen) in Nederland bescherming tegen geluidhinder van wegverkeerlawaai, spoorweglawaai en industrielawaai door middel van zonering. In de Wet geluidhinder is de systematiek opgenomen dat een hogere waarde kan worden aangevraagd indien aan bepaalde grenswaarden niet wordt voldaan. Bevoegd gezag controleert of aan aanvullende voorwaarden wordt voldaan. In dat geval kan een hogere waarde worden verleend.

Uit de enquête (N=162) blijkt dat iets meer dan de helft (53%) van de schippers gemiddeld genomen niet méér dan 14 uur vaart (overeenkomstig exploitatiewijze A1). Wat betreft de schepen van vóór 1976 loopt dit percentage, van schippers die gemiddeld genomen niet méér dan 14 uur varen, op tot 65%.
Uit de enquête (N=162) blijkt bovendien dat op iets meer dan de helft (54%) van de schepen niet wordt geslapen, terwijl er wordt gevaren. Wat betreft de schepen van vóór 1976 loopt dit percentage zelfs op tot 66%.

Een struikelblok voor de schippers om zich te verbinden aan exploitatiewijze A1, zou het gebrek aan flexibiliteit kunnen zijn met betrekking tot hun inzetbaarheid. In dit kader merken we op dat bij exploitatiewijze A1 de vaart eenmaal per week tot ten hoogste 16 uren verlengd mag worden.

Indien de schippers die nu niet méér dan 14 uur varen, effectief volgens exploitatiewijze A1 gaan varen, dan daalt het aantal schepen dat in 2020 met de meest strenge eisen uit de normstelling te maken krijgt, op basis van de enquête resultaten tot ongeveer 35% van het totaal aantal schepen waarvan de kiel vóór 1 maart 1975 is gelegd. De financiële omvang van het probleem is daarmee kleiner dan op basis van het TNO onderzoek is aangegeven, maar het probleem is nog steeds aanwezig.

Uit de enquête (N=162) blijkt verder dat van de resterende 47%, het grootste deel (37% van het totaal aantal schepen) maximaal 18 uur vaart. Slechts 10% van het totaal aantal schippers vaart 19 uur of meer.
Wat betreft de schepen van vóór 1976, blijkt dat slechts 4% gemiddeld 19 uur of meer vaart. Een percentage van 31% van deze schepen vaart tussen 15 en 18 uur per dag. Voor deze groep is een “ultieme” maatregel denkbaar om effectief terug te gaan naar exploitatiewijze A1, om tenminste in de slaapkamers onder de normstelling uit te komen (daar waar de problemen het grootst zijn). Dit betekent dat ze gemiddeld 1 tot 4 uur per dag minder kunnen varen.

5.3 Voorstel ontheffingssystematiek

5.3.1 Voorkeursgrenswaarde en maximale ontheffingswaarde

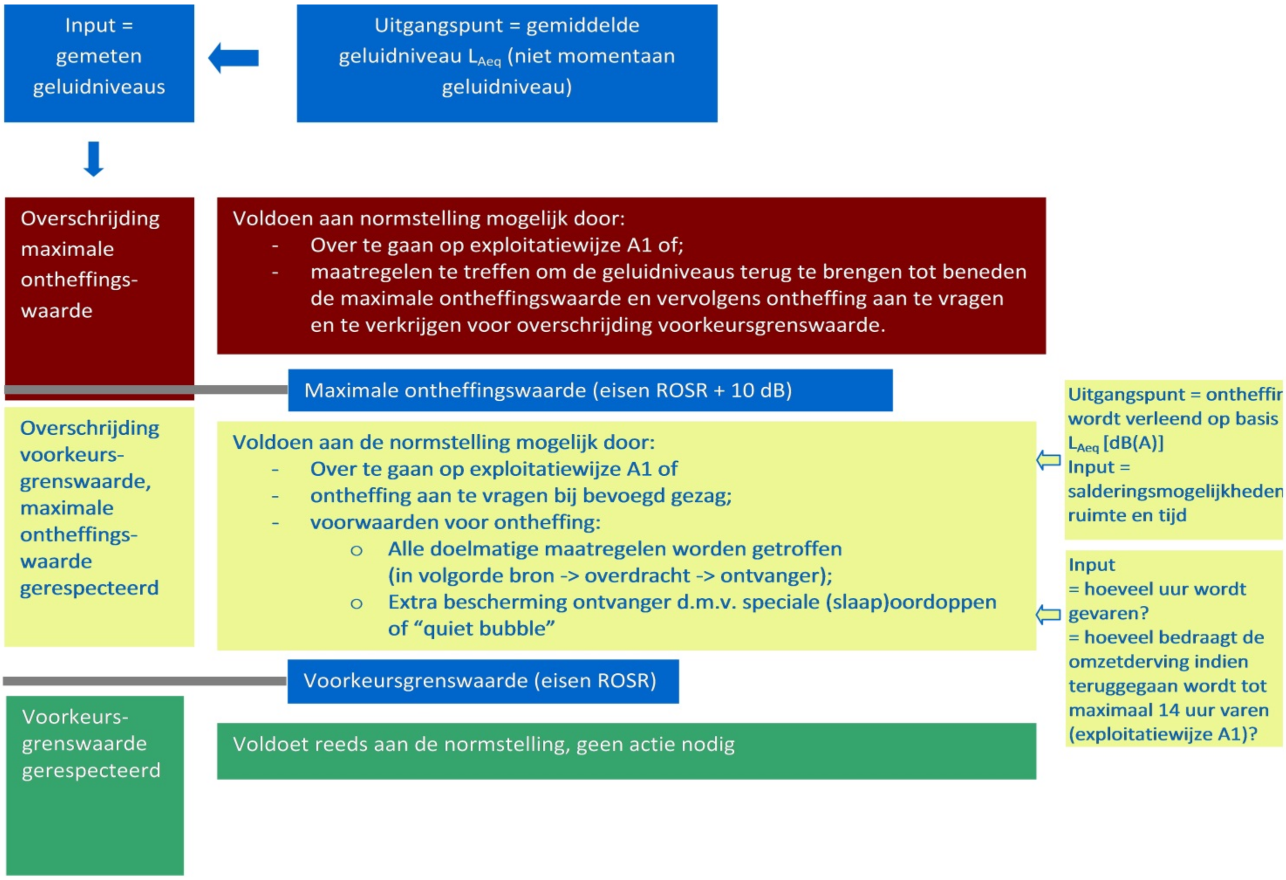
Zoals aangegeven wordt voorgesteld de systematiek uit de Wet geluidhinder over te nemen. Een basisbegrip in deze systematiek is de voorkeursgrenswaarde. In beginsel moet daar altijd aan voldaan worden, bijgevolg zijn voor de scheepvaart de voorkeursgrenswaarden gelijk aan de eisen uit de ROSR. Als er niet aan wordt voldaan, dienen geluidreducerende maatregelen te worden getroffen. Het kan echter zo zijn dat ondanks het treffen van doelmatige maatregelen nog steeds niet aan de voorkeursgrenswaarde kan worden voldaan. In dat geval kan ontheffing worden verleend. De hoogste waarde die voor ontheffing in aanmerking komt, is de maximale ontheffingswaarde. Een hoger niveau dan de maximale ontheffingswaarde kan nooit worden toegestaan.

Figuur 5.1 geeft de voorgestelde procedure weer: beginnend met een gemeten geluidniveau (links boven) vindt een beoordeling plaats van het geluidniveau. Afhankelijk van deze beoordeling, zijn verschillende scenario’s mogelijk die in de grote blokken in het midden zijn aangegeven. Voor deze scenario’s gelden uitgangspunten en is input nodig, enerzijds om het doelmatigheidscriterium te kunnen vaststellen en anderzijds om de salderingsmogelijkheden inzichtelijk te maken (zie verder). Beide zijn opgenomen in blokken aan de rechterkant van de figuur.

Scenario 1
Dit scenario is beschreven in de groene zone in figuur 5.1. De door de inspecteur gemeten geluidniveaus voldoen aan de eisen uit de ROSR en dus aan de voorkeursgrenswaarden. Het schip wordt goedgekeurd en kan verder varen.

Scenario 2
De door de inspecteur gemeten geluidniveaus zijn hoger dan de voorkeursgrenswaarden, met andere woorden de eisen uit de ROSR worden overschreden. Wel wordt de maximale ontheffingswaarde gerespecteerd. Voorgesteld wordt om de maximale ontheffingswaarde gelijk te stellen aan de grenswaarden uit de ROSR + 10 dB. Een toename van 10 dB wordt gemiddeld namelijk toegestaan in de ontheffingssystematiek in de Wet geluidhinder. Dit scenario is aangegeven in de 'gele zone' in figuur 5.1.
In dit geval dient door de adviseur te worden onderzocht of de geluidniveaus kunnen worden teruggebracht tot de voorkeursgrenswaarden of lager door het treffen van doelmatige maatregelen. Maatregelen worden onderzocht volgens het schema bron -> overdracht -> ontvanger. Ook wordt in het onderzoek nagegaan of er salderingsmogelijkheden zijn tussen ruimten of in de tijd.
Indien na toepassing van alle doelmatige maatregelen aan de bron, overdracht en ontvanger, de geluidniveaus niet voldoende zijn verlaagd om aan de voorkeursgrenswaarden te voldoen, dan kan een ontheffing worden aangevraagd om de nieuwe, gereduceerde geluidniveaus alsnog toe te staan. Er geldt in dat geval wel een extra voorwaarde voor de slaapkamers. De gebruiker moet de mogelijkheid hebben om zichzelf extra te beschermen tijdens het slapen. Dat kan door bijvoorbeeld speciale (slaap)oordoppen te gebruiken of lokaal, ter hoogte van de kussen, lagere geluidniveaus te realiseren door bijvoorbeeld toepassing van het 'quiet bubble' systeem met antigeluid (zie hoofdstuk 4). Hiermee voldoet het geluidniveau in de ruimte niet aan de eis maar wordt de gebruiker van de ruimte wel beschermd.

Scenario 3
De door de inspecteur gemeten geluidniveaus zijn hoger dan de maximale ontheffingswaarden. Dit scenario is aangegeven in de 'rode zone' in figuur 5.1.
In dit geval betekent dat het doelmatigheidscriterium in eerste instantie niet van toepassing is omdat het niet mogelijk is ontheffing te krijgen voor geluidniveaus boven de maximale ontheffingswaarde. Na het treffen van een maatregel (doelmatig of niet) is het geluidniveau lager dan de maximale ontheffingswaarde. Vanaf dan komt men terecht in de 'gele zone' in figuur 5.1 en zijn bijgevolg de stappen uit scenario 2 te nemen. Er dient te worden onderzocht of er nog doelmatige maatregelen mogelijk zijn om het geluidniveau verder te verlagen. Tenslotte kan, indien verder geen doelmatige maatregelen meer mogelijk zijn, een ontheffingsaanvraag worden voorbereid.



Figuur 5.1: systematiek ontheffing

5.3.2 Doelmatigheid maatregelen

De doelmatigheid van maatregelen kan worden bepaald op basis van kosten. Zoals eerder omschreven zal een groot deel van de geluidproblemen (overschrijdingen in de slaapkamers) opgelost zijn, wanneer de schipper besluit terug te gaan naar maximaal 14 uur varen per dag en effectief exploitatiewijze A1 wil volgen. De kosten voor teruggaan naar 14 uur varen zijn de omzetderving door teruggang in aantal uren minus de vermindering van investeringskosten. Als het gaat om doelmatigheidsafweging is de uuromzet, of uurwinst, omgeslagen over een aantal jaren, dus een leidraad. Maar ook de terugverdientijd dient natuurlijk in acht genomen te worden. Uiteindelijk is alles wat duurder is dan de kosten voor teruggaan naar 14 uur/dag, niet doelmatig. Per individueel schip kan zo de doelmatigheidsgrens worden bepaald en maatwerk worden geleverd.

Een mogelijkheid is ook om per categorie van schepen de kosten van een uur minder varen te bepalen. Voor een steekproef van schepen dient daarvoor een financiële analyse te worden uitgevoerd die vervolgens wordt vertaald voor een categorie-indeling met bijbehorende uuropbrengst.

Een ander doelmatigheidscriterium is een bedrag komend uit een survey naar WTP (willingness to pay) om hinder te voorkomen en een survey naar WTA (willingness to accept). (Referentie: Ecorys rapport voor maatregelen aan woningen). Een dergelijk criterium zou kunnen gelden voor de hele branche waarbij eventueel onderscheid wordt gemaakt tussen de verschillende type schepen. Naar de hoogte van het bedrag zal nog aanvullend onderzoek moeten worden gedaan.

In de doelmatigheid kunnen naast de absolute kosten ook de kosten per dB worden meegenomen. In de papierindustrie bijvoorbeeld is op basis hiervan een formule ontwikkeld waarin kosten en mate van geluidreductie bepalen of een maatregel doelmatig is.

Vooraleer een keuze kan worden gemaakt over het type doelmatigheidscriterium en de uiteindelijke bepaling van de randvoorwaarden, is verder onderzoek absoluut noodzakelijk. Geadviseerd wordt dit in combinatie met financiële deskundigen verder te (laten) onderzoeken.

5.4 Representatieve blootstelling

5.4.1 MCR-mix

De MCR-mix is een voorstel uit het vooronderzoek waarbij het geluidniveau wordt bepaald bij een mix van reële vermogens/toerentallen van de motor. Geen enkel schip vaart namelijk langdurig met 95% van het maximale motorvermogen. De MCR-mix bestaat uit een samenstelling van verschillende MCR's te weten 85%, 55%, 25% en 5% van het motorvermogen. Elk van deze percentages heeft een eigen weegfactor. In voorliggend onderzoek is het effect van de MCR-mix geëvalueerd. Dit onderdeel wordt verder behandeld in hoofdstuk 6 (meetprotocol).

5.4.2 Saldering

De normstelling aan de geluidniveaus op het schip is bedoeld ter bescherming van de mensen op het schip. In de huidige regelgeving wordt getoetst aan het momentane geluidniveau tijdens een vaart met 95% van het motorvermogen. Bij de beoordeling van het geluidniveau wordt geen rekening gehouden met de tijd die doorgebracht wordt in de verschillende ruimten met een relatief laag geluidniveau en met de tijdsduur dat met andere motorvermogens wordt gevaren. Er wordt dus een worst-case, niet-representatieve situatie beoordeeld.

Sinds 1976, toen de regelgeving in werking trad voor nieuwe schepen, is een hoop kennis en ervaring opgedaan rond de gezondheids- en hinderaspecten van geluid en hoe dat te verwerken in regelgeving. Naast het *niveau* van het geluid is ook de *duur* van het geluid een belangrijke factor voor het optreden van negatieve effecten. Dit is vertaald in regelgeving, voor bijvoorbeeld verkeerslawaai bij woningen, dat de geluidniveaus weegt met duur en tijdsstip.

Door de beoordeling van het geluidniveau niet meer toe te passen op het momentane geluidniveau maar op het gemiddelde geluidniveau over bijvoorbeeld de nachtperiode, kunnen zowel het geluidniveau als de duur van de blootstelling aan dat geluidniveau, mee worden gewogen in het gemiddelde geluidniveau, zonder dat uiteindelijk afbreuk wordt gedaan aan het beschermingsniveau van de mensen. Dit is het principe van saldering dat in diverse andere (geluid)wetgeving in Nederland maar ook in andere landen al decennia wordt toegepast. Een voorbeeld is de toepassing van L_{den} in de Wet geluidhinder. 'den' staat voor day-evening-night. Het betreft een jaargemiddelde waarde waarbij de dag-, avond- en nachtperiode een andere weegfactor meekrijgen.

Er zijn verschillende vormen van saldering denkbaar:

- Saldering in de ruimte: in een ruimte kan het geluidniveau variëren. Het is niet reëel de hele ruimte af te rekenen op een geluidniveau op een plaats waar niemand lang zal verblijven. Eigenlijk is de voorkeur om in de slaapkamer de beoordeling alleen ter plaatse van het kussen toe te passen.

Voor de woonkamer kan gemiddeld worden over de hele ruimte omdat men daar langdurig op meer verschillende plekken verblijft;

- Saldering tussen ruimten: extra stilte in de woonkamer compenseert voor wat meer lawaai in de slaapkamer (of andersom);
- Saldering in tijd: niet alles op 1 hoop: het maakt uit of een schip 24 uur doorvaart of misschien maar 16 uur (en dus maar 2 uur tijdens iemands slaap). Daarom, zoals dat in de meeste wetgeving voor geluid is geregeld, een L_{Aeq} over de volledige 'nachtperiode' in plaats van een momentane eis. Dat betekent dat er in de meetprocedure ook een meting moet plaatsvinden van het "achtergrondgeluid", als het schip dus stilligt. Dit zou van ligplaats tot ligplaats kunnen verschillen. De "gevelisolatie" van het schip wordt dan van belang;
- Saldering over een jaar: in de Europese wetgeving rond weg- en railverkeer wordt gekeken naar het jaargemiddelde geluidniveau (L_{den}). Seizoensafhankelijke variaties krijgen zo hun invloed op het gemiddelde geluidniveau. Ook hiermee zou dus rekening gehouden kunnen worden bij saldering in tijd;
- Wel moet er een "cap" op komen: een geluidniveau dat zeker niet momentaan wordt overschreden.

<u>Voorbeeld 1 (saldering in de tijd - nachtperiode)</u>

Een schip vaart maximaal 1 uur gedurende de nachtperiode. In de slaapkamers geldt, conform ROSR, een eis van 60 dB(A). Gedurende de varende periodes zal deze eis (momentaan) niet worden gehaald. In plaats van het beoordelen van het momentane geluidsniveau in de ruimte, zou ook gekeken kunnen worden wat het gewogen niveau is gedurende de gehele nacht (8 uur).

Stel:

- tijdens het varen heerst in de slaapkamers een geluidsniveau van 69 dB(A) en gedurende stilstand van het schip is dit 35 dB(A);
- in de nacht betekent dit gedurende 1 uur een geluidsniveau van 69 dB(A) en 7 uur een geluidsniveau van 35 dB(A);
- het gewogen geluidsniveau over de nacht bedraagt in dit geval;
  10*log[1/8*10^(69/10) + 7/8*10^(35/10)] = 60 dB(A).

Het tijd gewogen geluidsniveau in de slaapkamer voldoet hiermee aan de eis van 60dB(A) voor de nacht.

<u>Voorbeeld 2 (saldering in de tijd - weekgemiddeld)</u>

Een schip vaart 5 dagen in de week en per dag 16 uur. In de woonkamer mag het maximale geluidniveau niet hoger zijn dan 70 dB(A). Dit wordt in varende situatie echter overschreden. Gedurende de week zijn er 2 dagen waarop niet wordt gevaren, op deze momenten is het geluidsniveau aanzienlijk lager.

Stel:

- in de varende situatie heerst een geluidsniveau van 72 dB(A) in de woonkamer en gedurende stilstand een niveau van 35 dB(A);
- als we alleen de dag- en avondperiode beschouwen (totaal 12 + 4 = 16u), dan wordt in een week 80 uur gevaren (5*16) en 32 uur (2*16) niet (gedurende de nachtperiode (8u) wordt ervan uitgegaan dat men dan in de slaapkamers verblijft);
- het gewogen geluidsniveau in de woonkamer is gemiddeld over de gehele week (dag- en avondperiode) gelijk aan 10*log[80/112*10^(72/10) + 32/112*10^(35/10)] = 70 dB.

Er is een lichte overschrijding in de woonkamer gedurende de varende periodes maar als dit wordt gesaldeerd met de niet gevaren periodes, zou wel aan de gestelde eis kunnen worden voldaan.

Voorbeeld 3 (saldering tussen ruimtes)
Het geluidsniveau in zowel de slaapkamer als de woonkamer bedraagt 62 dB(A) tijdens varen. Voor de slaapkamer zou dit een overschrijding betekenen van 2 dB ten opzichte van de eis van 60 dB(A). Voor de woonkamer betekent dit een onderschrijding van -8 dB ten opzichte van de eis van 70 dB(A). Stel men verblijft per 24 uur gemiddeld 4 uur in de woonkamer en gemiddeld 8 uur in de slaapkamer. In dat geval kan door toepassing van saldering tussen de ruimten de overschrijding in de slaapkamer teniet gedaan worden. Deze wordt met andere woorden gecompenseerd door extra ‘stilte’ in de woonkamer.

Toelichting
Anno 1975 werd de eis geformuleerd als een gemiddelde over een ruimte in een worst case situatie. In de jaren erna is allerlei wetgeving op het gebied van geluid tot stand gekomen die telkens uitgaan van middeling over tijd. Meest recent is de ontwikkeling rond saldering, waarbij extra hinder in een situatie kan worden gecompenseerd met minder hinder in een andere situatie. Dit zijn nieuwe feiten die de normstelling van 1975 in een ander daglicht stellen.

Dit kan op twee manieren in de normstelling worden gebruikt: bij toetsing aan de voorkeursgrenswaarde of (bij niet voldoen) pas bij bepalen of ontheffing kan worden verleend.
In dit laatste geval worden middeling en saldering gebruikt als onderbouwing voor ontheffing. Dat betekent dat als (na eerst alle mogelijke doelmatige maatregelen te hebben toegepast) met middeling en saldering(en) alsnog de criteria kunnen worden gehaald, ontheffing kan worden verleend.
In het eerste geval (zoals in feite geschetst in figuur 5.1) worden alle middelingen en salderingen al direct bij de eerste toetsing toegepast, waardoor de kans op de noodzaak van maatregelen afneemt. Ontheffing (als maatregelen toch nodig zijn) vindt dan alleen plaats op grond van onvoldoende ondoelmatigheid.
Een mix is ook mogelijk: saldering van tijd (MCR-mix, middeling over dag, week en jaar) vinden al bij eerste toetsing plaats, hetgeen in lijn is met andere regelgeving op het gebied van geluid. Saldering van ruimte (in en tussen ruimtes) vindt plaats als ontheffing wordt aangevraagd, waarbij het criterium is dat met die saldering alsnog de voorkeursgrenswaarde wordt gehaald.

Deze drie verschillende methodes leiden elk tot andere einduitkomsten: bij volledige saldering pas bij ontheffing is er meer druk op het nemen van maatregelen dan als saldering al bij de eerste toetsing plaatsvindt. De mengvorm stuurt naar maatregelen voor een specifieke ruimte, veelal die waar men het langst aan geluid is blootgesteld.

5.5 Advies

Samengevat wordt onderstaande strategie voorgesteld. Er wordt vanuit gegaan, op basis van de meetresultaten in hoofdstuk 3, dat de problematiek zich beperkt tot de woon- en slaapvertrekken.

Ontheffingssystematiek:
1. Uitgaan van een gemiddeld geluidniveau van 60 en 70 dB(A) als voorkeursgrenswaarde in de slaapkamer respectievelijk de woonkamer;
2. Saldering toepassen zodat variaties in geluidniveau tussen de verschillende ruimten en de duur van de blootstelling een rol spelen in de bepaling van het gemiddelde geluidniveau;
3. Door het treffen van de doelmatige maatregelen, kan ontheffing worden verleend boven de voorkeursgrenswaarde met een maximum tot de maximale ontheffingswaarde;

4. Er geldt een maximale ontheffingswaarde voor de slaapkamer van 70 dB(A). In de woonkamer is deze bovenwaarde 80 dB(A);
5. Maatregelen mogen iets kosten. De doelmatigheid kan worden berekend aan de hand van de ultieme maatregel, maximaal 14 uur varen, wat het schip- of categorie-specifiek maakt. Alternatief is een criterium op basis van WTP en WTA.

Zoals in hoofdstuk 5.1 en 5.2 uitgelegd, heeft de schipper steeds de keuze om te varen volgens A1 om zo maatregelen aan de slaapkamer te voorkomen. De geluidniveaus in de woonkamer kunnen dan nog steeds aanleiding geven om maatregelen te moeten treffen. De overschrijdingen zijn over het algemeen echter beperkt zodat doelmatige maatregelen een reële optie zijn.

6 Meetprotocol

6.1 Inleiding

Tijdens dit onderzoek is een zeer uitgebreid meetprotocol aangehouden. Dit heeft tot doel gehad te kunnen valideren welke metingen minimaal nodig zijn om overschrijdingen en oorzaken aan te kunnen duiden. In de praktijk zal het niet nodig zijn om voor elk schip dit uitgebreide meetprotocol te volgen. Als het alleen gaat om het vaststellen van de geluidniveaus en beoordelen of aan de eisen wordt voldaan, dan kan worden volstaan met het uitvoeren van enkele geluidmetingen op basis van een globaal geluidniveau (ééngetalswaarde in dB(A)). Het meetprotocol dat hiervoor is opgesteld heet het meetprotocol voor de inspecteur.
Als ook een advies moet kunnen worden gegeven over de te nemen maatregelen, dan is een uitgebreider meetprotocol nodig. Dit is het meetprotocol voor de adviseur.
Navolgende paragrafen beschrijven de meetprotocollen voor de inspecteur en de adviseur.

6.2 Meetprotocol inspecteur

6.2.1 Opzet Meetprotocol

In het kader van een flexibilisering van de normstelling, is één van de voorstellen uit het vooronderzoek om de meetomstandigheden van de controle van de geluidniveaus aan te passen (zie hoger). Conform het Reglement voor onderzoek van schepen op de Rijn (ROSR) worden de geluidniveaus in de diverse ruimten vastgesteld en getoetst onder de conditie dat het schip vaart bij 95% van het maximaal motorvermogen (MCR). Het vooronderzoek heeft uitgewezen dat dit geen realistische conditie is, omdat de betreffende schepen over het algemeen bij veel lagere motorvermogens varen. Ook de schippers van de in dit onderzoek gemeten schepen, bevestigen dit beeld. In het meetprotocol is daarom uitgegaan van het voorstel van TNO en Level Acoustics om een gewogen MCR-mix toe te passen op basis van de gemeten geluidniveaus bij 5%, 25%, 55% en 85% van het MCR. Het gewogen resultaat uitgedrukt als L_{waSN} (weighted average Ship Noise sound level) dient per ruimte als volgt te worden bepaald:

$$L_{waSN}\ [dB(A)] = 10 \log [0{,}26 \cdot 10^{(L_{5\%}/10)} + 0{,}37 \cdot 10^{(L_{25\%}/10)} + 0{,}23 \cdot 10^{(L_{55\%}/10)} + 0{,}14 \cdot 10^{(L_{85\%}/10)}]$$

Het L_{waSN} wordt vervolgens getoetst aan de grenswaarden uit het ROSR.

Opmerking:
In het ROSR is niet bepaald of de meting dient te gebeuren in beladen of onbeladen toestand. Hoewel de beladen toestand waarschijnlijk het meest representatief is voor geluidniveaus tijdens vaart, mag vooralsnog zelf worden gekozen bij welke belading de meting wordt uitgevoerd. Het is onduidelijk wat het effect van belading precies is op de gemeten geluidniveaus.

Het meetprotocol kan op twee manieren gebruikt worden:
1. Om het L_{waSN} vast te stellen op basis van een volledige meting: alle MCR niveaus dienen in dat geval in alle ruimtes te worden gemeten;
2. Om te controleren of een schip voldoet aan de grenswaarden uit de ROSR: in dit geval kan mogelijk volstaan worden met een beperkt aantal metingen in een beperkt aantal ruimten.

De beschrijving van het meetprotocol heeft betrekking op gebruikswijze 2 (controle). Voor gebruikswijze 1 dienen altijd alle metingen voor alle MCR waarden te worden uitgevoerd, in alle ruimten.

6.2.2 Meetprotocol ter controle geluidniveau

Indien een beoordeling nodig is of wordt voldaan aan de eisen, dan kan in eerste instantie worden volstaan met alleen een meting bij de hoogste twee percentages (55% en 85% MCR). Uit het onderzoek op in totaal 9 schepen (4 schepen uit het vooronderzoek en 5 schepen uit het vervolgonderzoek) blijkt dat deze MCR condities bepalend zijn voor het LwaSN. Verder blijkt uit beide onderzoeken dat in de machinekamer en in de stuurhut op alle schepen en onder alle condities wordt voldaan aan de gestelde eisen. Om die reden wordt voorgesteld de inspectie in eerste instantie te beperken tot de meest kritische ruimten: de woon- en slaapkamers. Mocht een schip de stuurhut direct boven de machinekamer hebben liggen, dan is de stuurhut ook een kritische ruimte.

Het voorgestelde meetprotocol voor de inspecteurs ziet er, per ruimte, als volgt uit:

- Over een meettijd van 20 seconden wordt per ruimte, met behulp van een klasse 1 geluidmeter, de parameter L_{Aeq} (A-gewogen energetisch gemiddelde geluidniveau over de duur van de meting) bepaald. De metingen vinden plaats in het midden van de ruimte, terwijl de microfoon rustig heen en weer wordt bewogen om de invloed van staande golven in de ruimte uit te middelen;

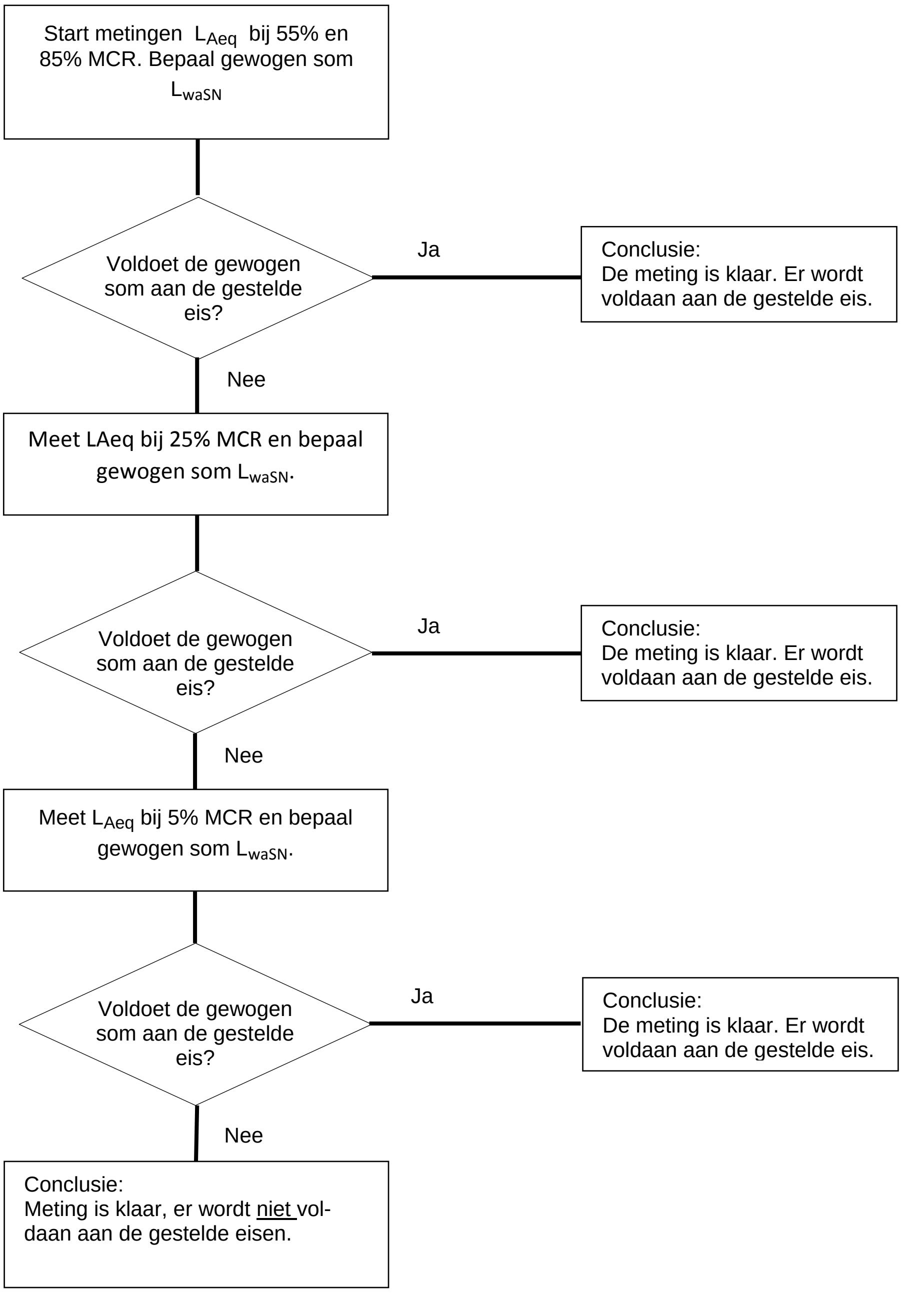
- Metingen worden uitgevoerd in de volgende ruimten:
  - Woonkamer(s);
  - Slaapkamer(s).
- In elke ruimte dient het geluidniveau zowel bij 55% als bij 85% MCR te worden gemeten. Indien er een overschrijding wordt vastgesteld bij een van de twee MCR niveaus dient eerst te worden gecontroleerd of de gewogen som LwaSN [dB(A)] eventueel wel voldoet. Hierbij dient vanuit een worstcase benadering ervan uitgegaan te worden dat het gemeten geluidniveau bij 55% ook wordt aangehouden bij 25% en 5% MCR. Indien de gewogen som voldoet, dan kan gestopt worden met meten en wordt geconcludeerd dat in de betreffende ruimte aan de geluideis wordt voldaan.

- Indien de gewogen som niet voldoet, dan dient de meting te worden herhaald bij een MCR van 25% en wordt vervolgens de gewogen som LwaSN [dB(A)] opnieuw bepaald en gecontroleerd of deze voldoet. De gemeten waarde bij 25% MCR wordt dan ook ingevuld bij 5% MCR. Indien de gewogen som voldoet, dan kan gestopt worden met meten. In de betreffende ruimte wordt voldaan aan de geluideis.

- Indien de gewogen som niet voldoet, dan dient de meting te worden herhaald bij een MCR van 5% en wordt tenslotte bepaald of de gewogen som voldoet. Indien ja, dan wordt geconcludeerd dat in de betreffende ruimte aan de geluideisen wordt voldaan. Indien nee, dan wordt in deze ruimte niet aan de eis voldaan.

6.2.3 Stroomschema per ruimte

Schematisch ziet het meetprotocol MCR er als volgt uit:



Figuur 6.1: Stroomschema meetprotocol inspecteur

6.2.4 Digitaal meetformulier

Als hulpmiddel voor de inspecteur is tevens een digitaal invulformulier opgesteld en ter beschikking gesteld aan ILT. Dit digitale formulier berekent bijvoorbeeld direct de L_{waSN} en geeft op basis van de meetresultaten direct aan of een volgende MCR al dan niet dient te worden gemeten. Bovendien wordt de berekende L_{waSN} direct getoetst. In het digitale formulier is de toelichting opvraagbaar door middel van een link. Voor het digitale formulier is alleen het programma Excel nodig en geen internet verbinding.
Een papieren formulier is ook ter beschikking gesteld. Hierin kunnen de resultaten worden ingevuld, maar kan geen berekening worden uitgevoerd om aan te geven of een volgend MCR percentage dient te worden gemeten of wat de waarde is van L_{waSN}. De inspecteur dient dit dan zelf uit te rekenen of alle MCR stappen direct te doorlopen. Wel is een rekenhulp toegevoegd en staat in de toelichting de formule voor de berekening van L_{waSN}.
Het scherm van het digitale invulformulier ziet er als volgt uit:

Meetformulier behorende bij meetprotocol

Datum:	
Inspecteur:	
Type geluidmeter:	
Naam schip:	
Scheepsnummer:	
Jaartal schip:	
Tonnage schip:	
Merk motor:	
Pk motor:	
Vaste opstelling:	
Max toeren motor:	
Soort schroef:	

Korte toelichting:
- vul alleen de gele vakken in
- begin met 85 en 55% en bekijk toetsingsresultaat
- voor 25% en 5% wordt laagste waarde 85 of 55% overgenomen
- indien niet voldoet: vul dan 25% en eventueel 5% in
- gebruik bij benoeming ruimte "woonkamer" of "slaapkamer nr" of "machinekamer of "stuurhut"
- voor een handmatige berekening van de L_{waSN} MCR -mix kan gebruik worden gemaakt van de rekenhulp
- L_{waSN} [dB(A)] = 10 log [0,26 · $10^{(L5\%/10)}$ + 0,37 · $10^{(L25\%/10)}$ + 0,23 · $10^{(L55\%/10)}$ + 0,14 · $10^{(L85\%/10)}$]

Klik op deze link voor de uitgebreide toelichting

	Woonkamer	Slaapkamer 1	Slaapkamer 2	Slaapkamer 3	Machinekamer		MCR coëfficiënt
85% MCR						L_{Aeq} [dB(A)]	0,14
55% MCR						L_{Aeq} [dB(A)]	0,23
MCR -mix						L_{Aeq} [dB(A)]	0,37
25% MCR						L_{Aeq} [dB(A)]	0,37
MCR -mix						L_{Aeq} [dB(A)]	
5% MCR						L_{Aeq} [dB(A)]	0,26
L_{waSN} MCR -mix						L_{Aeq} [dB(A)]	
Toetsingswaarden	70,5	60,5	60,5	60,5	110,5	L_{Aeq} [dB(A)]	

Rekenhulp meting 85 en 55%		
85%	**55%**	**LwaSN**
x dB	x-10	x-6,5
x dB	x-9	x-6,1
x dB	x-8	x-5,6
x dB	x-7	x-5,1
x dB	x-6	x-4,5
x dB	x-5	x-3,9
x dB	x-4	x-3,2
x dB	x-3	x-2,4
x dB	x-2	x-1,7
x dB	x-1	x-0,8
x dB	x	x
x dB	x+1	x+0,3
x dB	x+2	x+0,5
x dB	x+3	x+0,9
x dB	x+4	x+1,3
x dB	x+5	x+1,8

Figuur 6.2: Invulscherm digitaal meetformulier

6.2.5 Verdere aanbevelingen

Door ILT is het meetprotocol getest op de RWS 71 van Rijkswaterstaat. Doel van deze testronde was niet om aanvullende resultaten te verzamelen, maar om de bruikbaarheid van het meetprotocol te beoordelen. De belangrijkste conclusie van de inspecteur was dat het niet handig is uit te gaan van % MCR. Op het grootste deel van de schepen zijn toerentallen direct af te lezen maar het % MCR niet. Hiertoe is een omrekentabel nodig die in principe per schip en per type motor anders is. Ten behoeve van de geluidmetingen zoals gerapporteerd in hoofdstuk 3 is een veralgemeende omrekentabel gehanteerd die afkomstig is uit het vooronderzoek. Deze tabel in op de volgende pagina weergegeven.

Tabel 6.1 – Voorstel voor meetcondities voor geluidmetingen in stuurhut, woon- en slaapruimten

Meetconditie	% MCR	% maximum toerental	Wegingsfactor
A	5%	37%	w_A = 0,26
B	25%	63%	W_B = 0,37
C	55%	82%	W_C = 0,23
D	85%	95%	W_D = 0,14

Geadviseerd wordt nader te (laten) onderzoeken op welke wijze de vertaalslag kan worden gemaakt van % MCR naar % toerental en op basis hiervan het meetprotocol aan te passen.

6.3 Meetprotocol adviseur

Wanneer het meetprotocol van de inspecteur overschrijdingen laat zien dan is onderzoek nodig ter bepaling van doelmatige geluidreducerende maatregelen.

Op dit moment zijn haalbare en tevens effectieve maatregelen:
- Afveren van motor en keerkoppeling, en ontkoppelen van andere verbindingen tussen deze bronnen en de scheepsconstructie, zoals via leidingen;
- Ontdreunen van wanden, plafonds en/of vloeren;
- Wegnemen van 'rattle'.

Deze maatregelen zijn additief: bij voorkeur worden ze alle drie genomen. Het afveren is een belangrijke maatregel omdat de motor en keerkoppeling tot nu toe altijd de belangrijkste bron blijken te zijn. Ontdreunen is belangrijk omdat naast de motor en keerkoppeling ook schroefgeluid en cavitatiegeluid belangrijk zijn die op dit moment het beste met ontdreuning kunnen worden bestreden, zij het slechts in beperkte mate.
'Rattle' kan, in die ruimtes waar het optreedt, dominant zijn en is eenvoudig te bestrijden door dat wat (onbedoeld) los zit, vast te zetten.

A priori is echter niet zeker wat het effect gaat zijn van deze maatregelen, aangezien dat zeer specifiek is voor een schip en is dus ook niet duidelijk of een maatregel doelmatig is (meer oplevert dan het kost). Bovendien vraagt het toepassen van deze maatregelen wat extra informatie:
- welke vlakken moeten worden ontdreund?
- op welke frequenties moet een afvering worden ontworpen?
- is er sprake van 'rattle' en zo ja op welke locatie?

Voor het bepalen van de doelmatigheid en het genereren van de extra informatie is een adviseur nodig die een onderzoek uitvoert gebaseerd op metingen. Het volgende meetprotocol kan deze adviseur gebruiken.

<u>Meetmiddelen</u>
- trillingsopnemer (bij voorkeur: triaxiaal);
- microfoon;
- datalogging die smalbandige analyse mogelijk maakt (bijv.: een geluidmeter die Fourierspectra vastlegt, of een computer + geluidkaart die tijdsignalen vast legt, naderhand uit te werken met signaalverwerkingssoftware.

Specificaties (gevoeligheden, instellingen) van de meetmiddelen kunnen worden overgelaten aan de expertise van de adviseur. De middelen zullen niet aan hoge eisen hoeven te voldoen: de te meten niveaus zijn relatief hoog en dus makkelijk te meten en er is geen sprake van zeer hoge of zeer lage te meten frequenties.
De metingen kunnen in principe “éénkanaals” worden uitgevoerd. Meerkanaals (ultimo vierkanaals) verdient de voorkeur aangezien dan meer analyses mogelijk zijn en de metingen tevens sneller kunnen worden uitgevoerd. Voor de trillingsmetingen aan/bij de motor en keerkoppeling geldt namelijk dat deze in alle drie de richtingen dient te worden uitgevoerd, hetgeen betekent voor een éénkanaalssysteem (met een trillingsopnemer die maar in één richting meet) dat de meting drie maal moet worden uitgevoerd, steeds voor elk van de drie richtingen.

<u>Te meten objecten en ruimten</u>

- Trillingen in de fundatie van motor en keerkoppeling met als doel: bepalen dominante frequenties van deze bronnen. Deze worden vervolgens gebruikt om te vergelijken met geluidniveaus in de vertrekken, ter bepaling van de dominantie van deze bronnen en worden gebruikt om een geschikte afvering te ontwerpen.
- Trillingen van beide zijden van een afgeveerde machinevoet, indien deze aanwezig is. Dit gebeurt voor ALLE aanwezige machinevoeten en eventueel aanwezige afveringen in andere koppelingen (zoals leidingen). Doel hiervan is om te bepalen of deze reeds aanwezige afveringen functioneren. Zo niet dan is een voor de hand liggende maatregel om deze afveringen te vervangen en nu ontworpen op basis van de meetresultaten.
- Trillingen van de vlakken in de ontvangruimten (wanden, plafond, vloer). Doel is om te bepalen welke vlakken de grootste bijdragen leveren aan het geluidniveau in de ruimte en kandidaat zijn om met ontdreuning te worden behandeld. Tevens kan, indien er sprake is van ‘rattle’ in een ruimte terwijl niet duidelijk is waar deze vandaan komt, met deze meting eventueel achterhaald worden achter welk vlak de rattle wordt veroorzaakt.
- Geluid in de verblijfruimten. Doel is om het relatieve belang van de motor plus keerkoppeling te bepalen en daarmee de doelmatigheid van maatregelen daaraan.

<u>Te meten condities</u>

De metingen aan de genoemde objecten en in de genoemde ruimten worden uitgevoerd in de maatgevende bedrijfsconditie. Dit is óf die bedrijfsconditie waarvan meer dan 90% van de tijd sprake is (zoals bij een kraanschip: stilliggend werken) en anders die conditie waarin, volgens de geluidmeting van de inspecteur, de hoogste geluidniveaus zijn gemeten.
Eerst wordt echter, voor zover mogelijk, de vier condities van de MCR-mix gevaren om op het gehoor te bepalen of er in één of meer van deze condities sprake is van ‘rattle’ in (bepaalde) verblijfsruimten. Is er sprake van ‘rattle’ en is deze eenvoudig weg te nemen (klepperende deur bijvoorbeeld) terwijl het vermoeden bestaat dat dit niet is gebeurd bij de meting die ten grondslag ligt aan het inspectierapport, dan kan worden overwogen de “inspectiemeting” over te doen om te bepalen wat het effect is van relatief simpele ingrepen in het interieur. Is de bron van de ‘rattle’ niet onmiddellijk duidelijk (is deze waarschijnlijk verborgen achter wanden), dan wordt het protocol op dit punt verder vervolgd, wat inhoudt dat met behulp van trillingsmetingen de locatie nader wordt onderzocht.

<u>Verwerking en rapportage</u>

De metingen worden zodanig verwerkt en gerapporteerd dat antwoord wordt gegeven op de vragen:

- Wat is het effect van aanbrengen dan wel aanpassen van afvering van motor en keerkoppeling (inclusief leidingen) op de geluidniveaus in de verblijfruimten? Voor de maatgevende bedrijfssituatie en (afgeschat) voor de MCR-mix.
- Welke afveerfrequentie dient daartoe te worden nagestreefd?
- Wat is het effect van ontdreuning op de geluidniveaus in de verblijfruimten? Voor de maatgevende bedrijfssituatie en (afgeschat) voor de MCR-mix.
- Welke vlakken in de verblijfruimten dienen daarvoor te worden ontdreund?
- Hoeveel kg/m^2 is daarvoor nodig?
- Is er sprake van 'rattle' en zo ja wat is het effect van wegnemen hiervan op de geluidniveaus in de verblijfruimten? Voor de maatgevende bedrijfssituatie en (afgeschat) voor de MCR-mix.
- Waar ligt de bron van de 'rattle'?

Om deze vragen te beantwoorden worden de trillings- en geluidmetingen uitgewerkt op de volgende wijzen:
- als tijdsignaal (met A-weging voor geluid);
- als smalbandspectrum;
- als breedbandspectrum.

Scope
Dit meetprotocol dekt de meeste situaties, namelijk die waar motor en keerkoppeling de dominante bronnen zijn. In die situaties maakt het protocol het mogelijk om maximaal 10 dB "diep" te kijken: wat is het effect en wat zijn de kosten voor maatregelen waarbij tot 10 dB reductie mogelijk is? Als meer nodig is, moeten bronnen, paden en afstraalvlakken veel nauwkeuriger worden geanalyseerd dan dit protocol ondersteunt. De kans dat dit leidt tot doelmatige maatregelen is dan intussen overigens afgenomen: de eerste 10 dB zullen het "goedkoopst" zijn. Ook in die situaties dat niet de motor en keerkoppeling maar de schroef of cavitatie de dominante bron is, is dit protocol grotendeels onvoldoende. Alleen de trillingsmetingen in de verblijfruimten, ter bepaling van te ontdreunen vlakken, is dan nog functioneel. Uitgebreidere metingen, en zelfs modelleringen, zullen dan nodig zijn om alsnog tot maatregelkeuze en –afweging te komen en wederom geldt dat de kans dat deze doelmatig zullen blijken fors zal zijn afgenomen.
Om kort te gaan geldt dus dat dit protocol erop gericht is om in 80% van de gevallen de wijze en doelmatigheid van de meest haalbare maatregelen te bepalen waarmee (maximaal) de eerste 10 dB reductie kan worden gerealiseerd.

6.4 Advies

In dit onderzoek zijn twee meetmethodes gebruikt om dominante bronnen en maatregelen te kunnen bepalen: een zeer uitgebreide (door Level Acoustics & Vibration), om elk schip zo grondig mogelijk te analyseren en een zeer beknopte (door Rubber Design), die in de adviespraktijk van Rubber Design zijn nut heeft bewezen. Bij deze laatste meetmethode is gebruik gemaakt van een losse geluidmeter en een 1-kanaals trillingsmeter.
Uitgangspunt van het onderzoek was dat beiden ongeschikt zouden zijn voor een adviseur, daar de eerste methode teveel tijd en middelen vraagt en de tweede methode naast meetresultaten vooral gebruik maakt van persoonlijke ervaring en inzicht. Voor de adviseur is dus een protocol nodig dat daar tussen in ligt.

Het nu voorgestelde meetprotocol voor adviseurs ligt dicht bij de methode van Rubber Design. Er is echter niet die mate van ervaring voor nodig omdat gebleken is dat mag worden aangenomen dat op binnenvaartschepen de dominante bron de motor is.

Waar uit de meting blijkt dat de motor dat toch niet is, heeft verdere identificatie van de bron, waarvoor uitgebreider meten en/of meer ervaring nodig is, in de meeste gevallen weinig zin omdat maatregelen dan beter aan de ontvangkant kunnen worden genomen. Het meetprotocol voorziet daarom, in uitbreiding op de methode van Rubber Design, ook in metingen aan wanden, plafond en vloer met het oogpunt te bepalen welke vlakken eventueel ontdreund of afgeveerd moeten worden (dan wel om een erachter verstopte bron van 'rattle' te verwijderen). Voor die situaties waar toch maatregelen aan schroefgeluid en/of cavitatie nodig en haalbaar zouden zijn, moet worden verwacht dat de adviseur de benodigde meetmethode zelf kan opzetten, dan wel daarvoor een andere deskundige zal betrekken. In ieder geval levert dit meetprotocol de resultaten om zo'n vervolgtraject te signaleren.
Naast het vaststellen van een deskundig advies is ook een goede begeleiding tijdens het aanbrengen van de maatregelen nodig. Kleine onzorgvuldigheden in de uitvoering van de maatregelen, kunnen een groot negatief effect hebben op het geluidreducerend resultaat. Als de motor bijvoorbeeld op trillingsisolatoren wordt gezet maar de leidingen van en naar de motor blijven star gekoppeld aan het schip, dan is het reducerende effect van de trillingsisolatoren veel minder dan op basis van de specificaties van de isolatoren mag worden verwacht.

7 Conclusies en aanbevelingen

Binnenvaartschepen op de internationale Rijn moeten voldoen aan de technische eisen inclusief geluideisen uit de ROSR. In 2003 is besloten dat ook schepen gebouwd voor het jaar 1976 vanaf 2020 moeten gaan voldoen aan deze eisen. Door de brancheorganisaties voor de binnenvaart is bij het Ministerie van Infrastructuur en Milieu (I&M) gesignaleerd dat het voldoen aan de geluideisen uit de ROSR zal leiden tot technische en/of financiële knelpunten.
Het vooronderzoek door TNO en Level Acoustics[6] bevestigt dit. De uitgevoerde metingen in het kader van voorliggend onderzoek geven vergelijkbare resultaten. De geluidproblemen zijn het grootst in de woon- en slaapkamers. In de woonkamers zijn overschrijdingen tot 9 dB gemeten, in de slaapkamers zelfs tot 21 dB.

Om een overschrijding van 9 dB op te heffen, wordt in eerste instantie geadviseerd maatregelen aan de motorzijde te treffen (het op veren zetten van de motor en al het leidingwerk, het verstevigen van de fundatie, idealiter in combinatie met het aanpakken van de keerkoppeling en schroef). Een verdere reductie kan worden gerealiseerd door aanvullend ontdreuningsmatten toe te passen op de juiste plaatsen in de betreffende ontvangruimten. Het opheffen van overschrijdingen tot maximaal 10 à 13 dB zou dus technisch mogelijk moeten zijn, mits analyse en uitvoering van de maatregelen deskundig gebeuren. De bijbehorende financiële investering kan echter hoog oplopen.

In geval van overschrijdingen tot 21 dB wordt naast het financieel vraagstuk ook het technisch verhaal een stuk ingewikkelder. De kans is zelfs reëel dat dit soort overschrijdingen, binnen redelijke randvoorwaarden, niet volledig technisch oplosbaar zijn.
Op basis van bovenstaande is geconcludeerd dat flexibilisering van de normstelling een primaire vereiste is om een grote groep schepen een kans op overleven te gunnen. Een vorm van flexibilisering wordt ook toegepast in de geluidwetgeving in diverse andere domeinen zoals in de Wet geluidhinder (wegverkeer, railverkeer), de milieuhygiënische strategie uit de Arbeidsomstandighedenwet en het ALARA principe uit de industrie (As Low As Reasonably Achievable). Deze inzichten hebben geleid tot een toetsing op basis van een reële blootstelling aan geluid waarbij ook de duur van de blootstelling en de financiële component een belangrijke rol spelen.

In voorliggend onderzoek zijn daarom diverse voorstellen opgenomen om de huidige normstelling uit het ROSR aan te passen, rekening houdend met deze ‘nieuwe’ inzichten. De belangrijkste punten hierin zijn:
- <u>MCR-mix of toerental mix</u>: geluidmetingen uitvoeren bij representatieve vaaromstandigheden in plaats van het maximale en weinig gebruikte 95% MCR;
- <u>equivalente geluidniveaus en saldering</u>: (verblijf)tijdsaspecten mee laten wegen in de bepaling van het te beoordelen *gemiddelde* geluidniveau in plaats van het momentane geluidniveau;
- <u>Introduceren van een flexibele normstelling</u>: ontheffingssystematiek op basis van doelmatigheid van maatregelen waardoor financiële aspecten ook een weegfactor krijgen, echter zonder dat gezondheidsaspecten hierdoor in het gedrang komen.

---

[6] Rapport 2013 R11830, juli 2014, Overgangstermijnen geluidsnormen binnenvaart - Geluidstechnische en financiële consequenties van het toepassen van de normen – Definitief rapport

Het onderzoek leidt tot de volgende aanbevelingen:

1. Bespreekbaar maken van de voorstellen tot flexibilisering van de normstelling in de CCR commissie;
2. Onderzoek (laten) uitvoeren naar de financiële aspecten van de doelmatigheid van geluidreducerende maatregelen;
3. Onderzoek (laten) uitvoeren naar de vertaling van %MCR naar percentage toerental in verband met de uitvoering van het meetprotocol.

DPA Cauberg-Huygen B.V.

C.J. Ostendorf, Adviseur

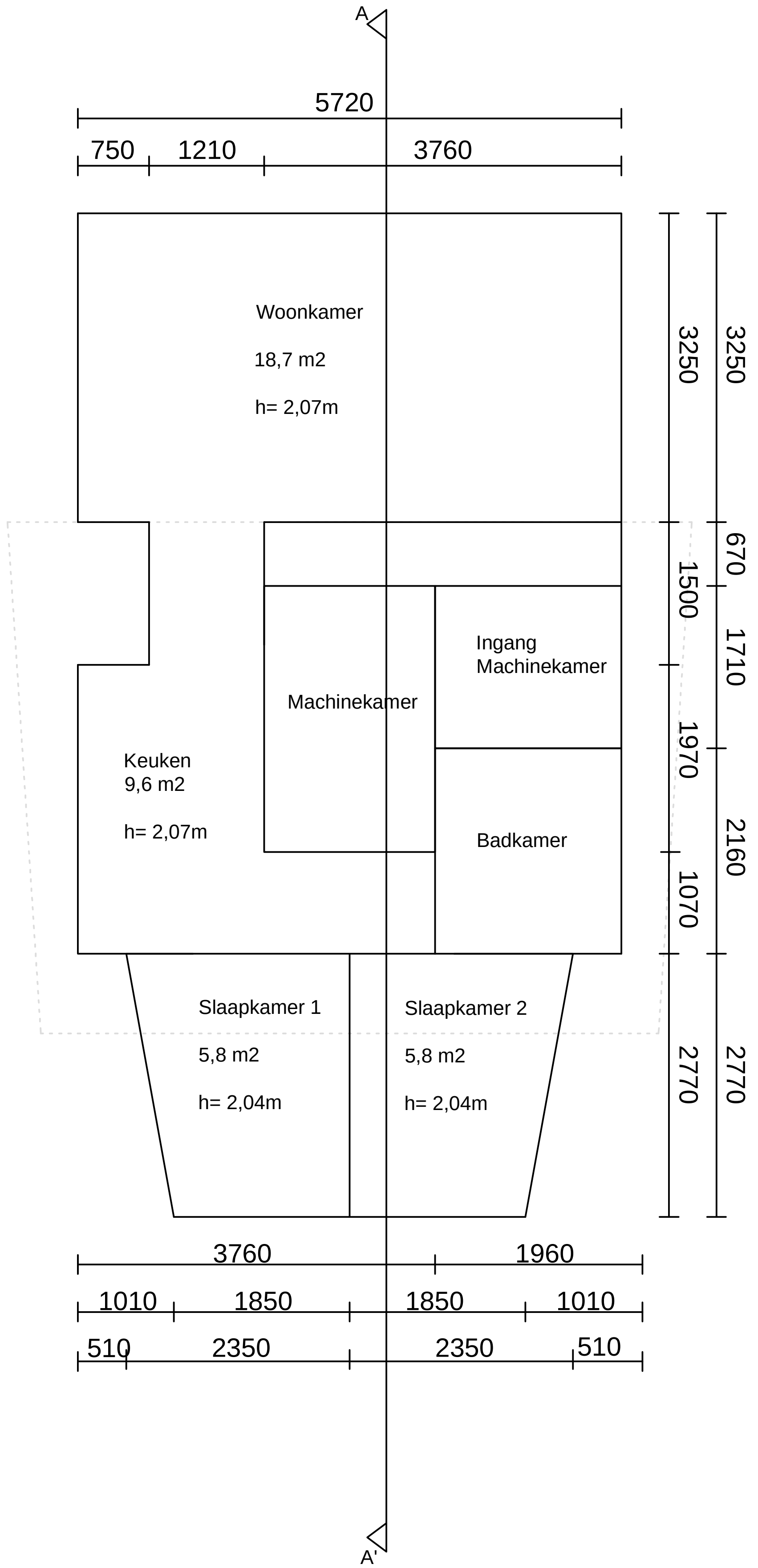
Level Acoustics

ir. C.E. Laudij, Adviseur

Bijlage I Plattegronden en doorsneden schepen

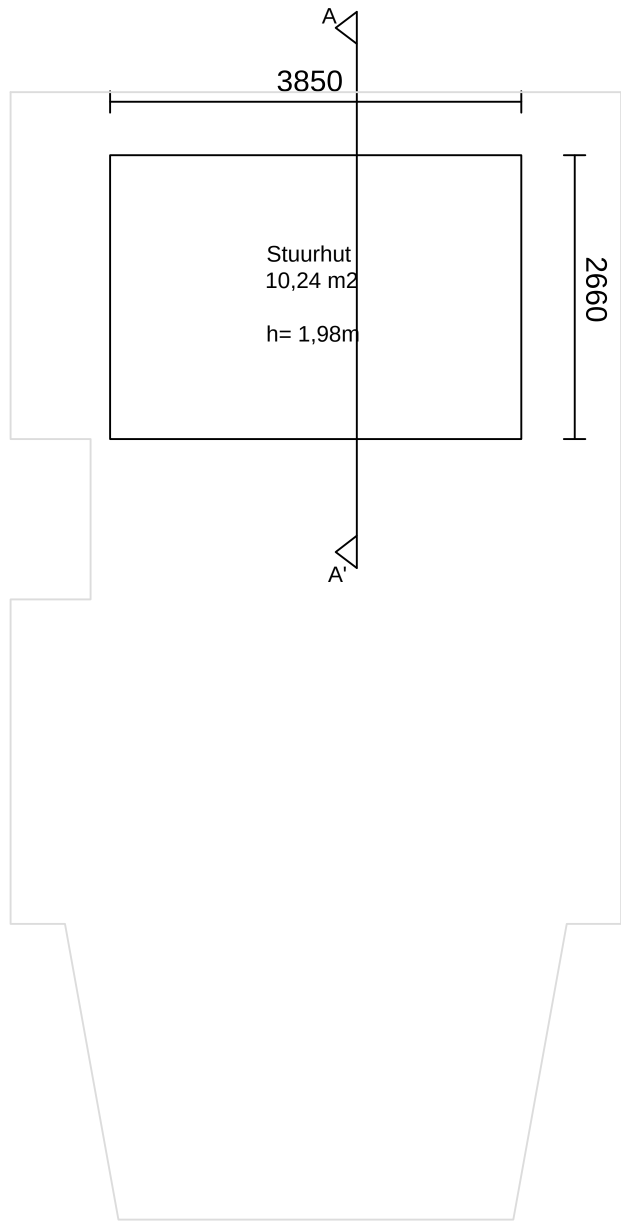
Tekeningen Melvin

VZ



AZ

Woon en slaapvertrekken



Stuurhut

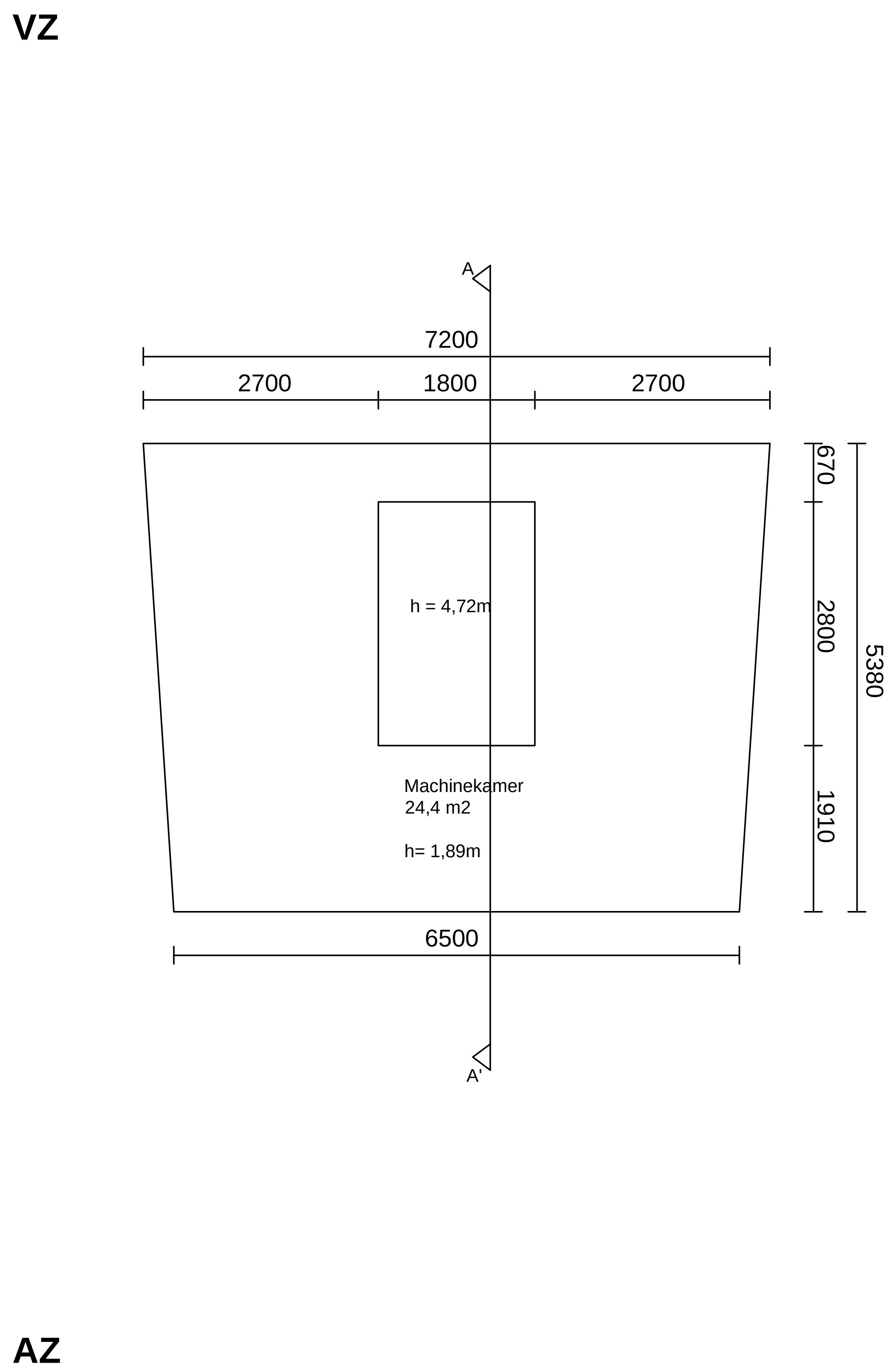
Legenda

- Trapgat
- Vast object
- Beperkt beschikbaar vloeroppervlak
- **VZ** Voorzijde schip
- **AZ** Achterzijde schip

DPA CAUBERG-HUYGEN RAADGEVENDE INGENIEURS

DPA Cauberg-Huygen

Schiptype	Motorvrachtschip
Naam schip	Melvin
Opname datum	6 oktober 2014
Teken datum	13 oktober 2014
Tekenaar	L. Ottenheijm
Schaal (A3)	1:50
Bladnummer	1/3



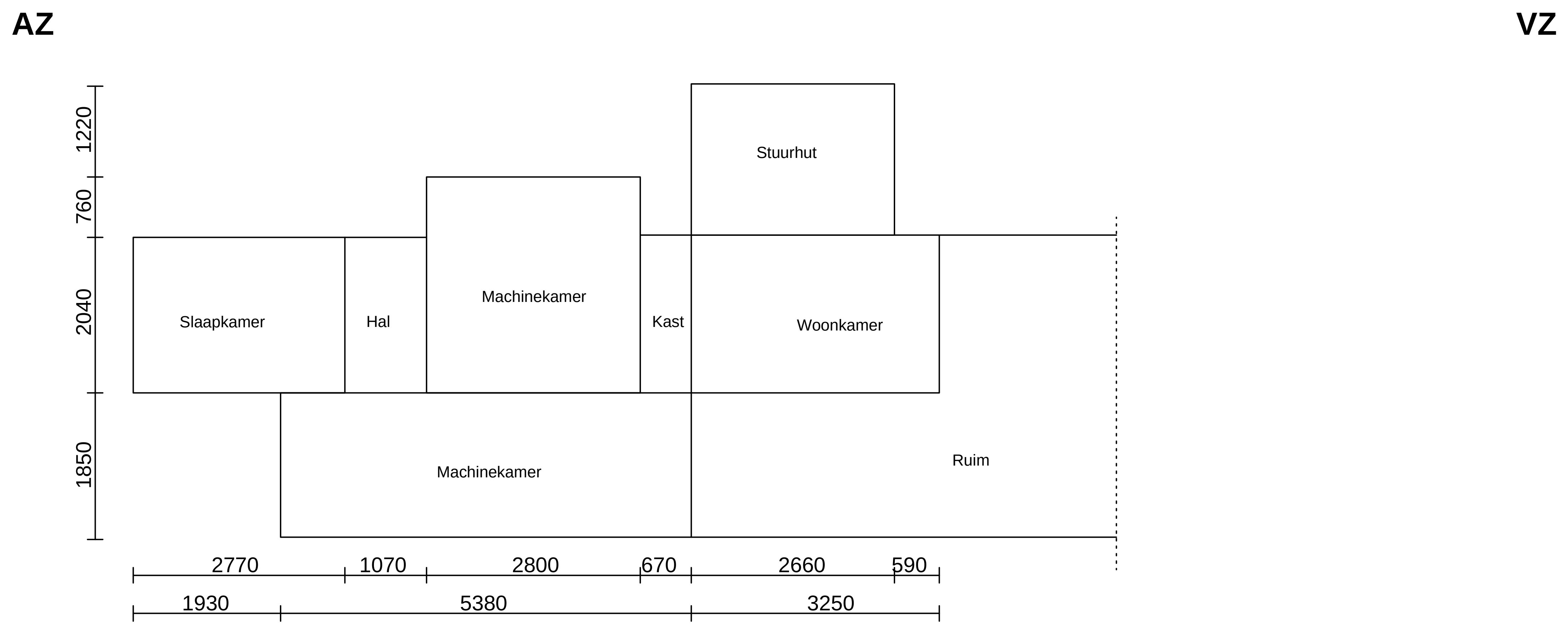
Machinekamer

Legenda

- Trapgat
- Vast object
- Beperkt beschikbaar vloeroppervlak
- **VZ** Voorzijde schip
- **AZ** Achterzijde schip

DPA CAUBERG-HUYGEN RAADGEVENDE INGENIEURS

DPA Cauberg-Huygen	
Schiptype	Motorvrachtschip
Naam schip	Melvin
Opname datum	6 oktober 2014
Teken datum	13 oktober 2014
Tekenaar	L. Ottenheijm
Schaal (A3)	1:50
Bladnummer	2/3



Doorsnede A-A'

Legenda

- Trapgat
- Vast object
- Beperkt beschikbaar vloeroppervlak
- **VZ** Voorzijde schip
- **AZ** Achterzijde schip

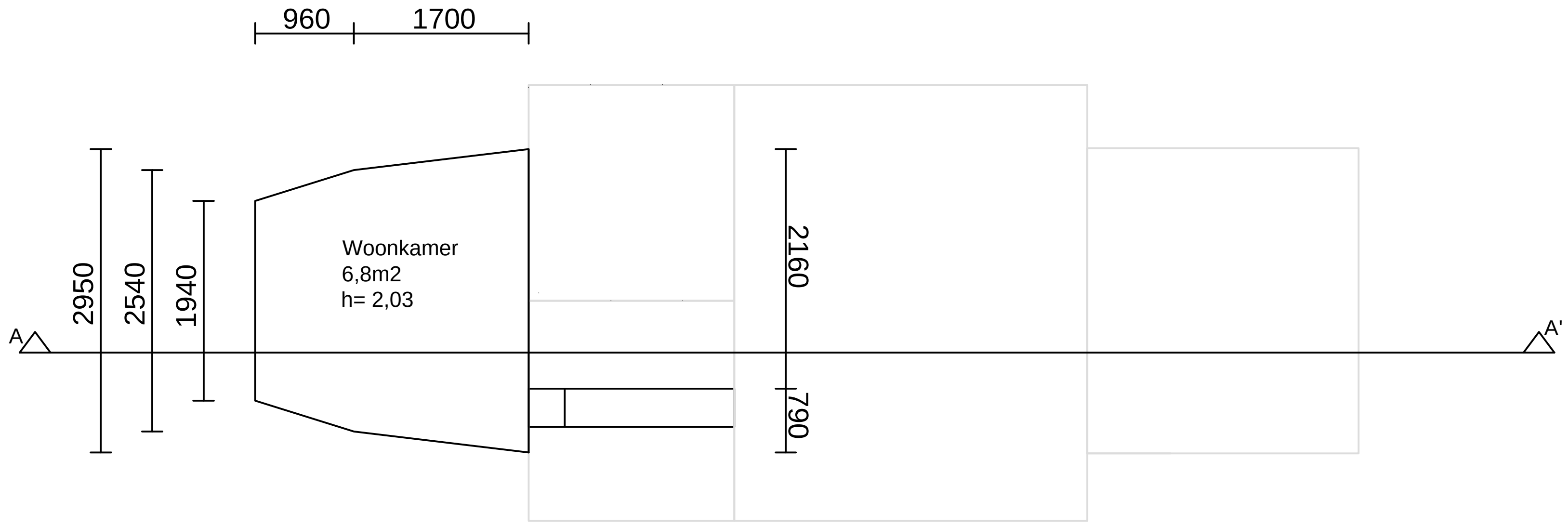
DPA CAUBERG-HUYGEN RAADGEVENDE INGENIEURS

DPA Cauberg-Huygen	
Schiptype	Motorvrachtschip
Naam schip	Melvin
Opname datum	6 oktober 2014
Teken datum	13 oktober 2014
Tekenaar	L. Ottenheijm
Schaal (A3)	1:50
Bladnummer	3/3

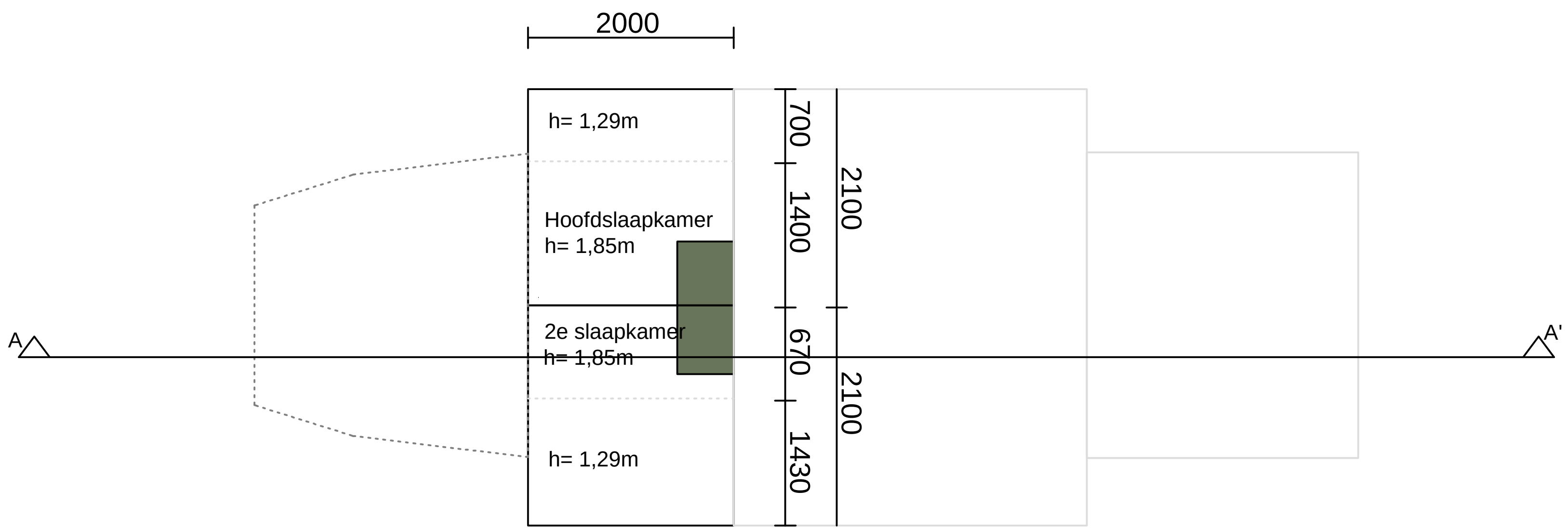
DPA | CAUBERG-HUYGEN RAADGEVENDE INGENIEURS

Tekeningen Bobo

VZ **AZ**



Woonkamer



Slaapruimtes

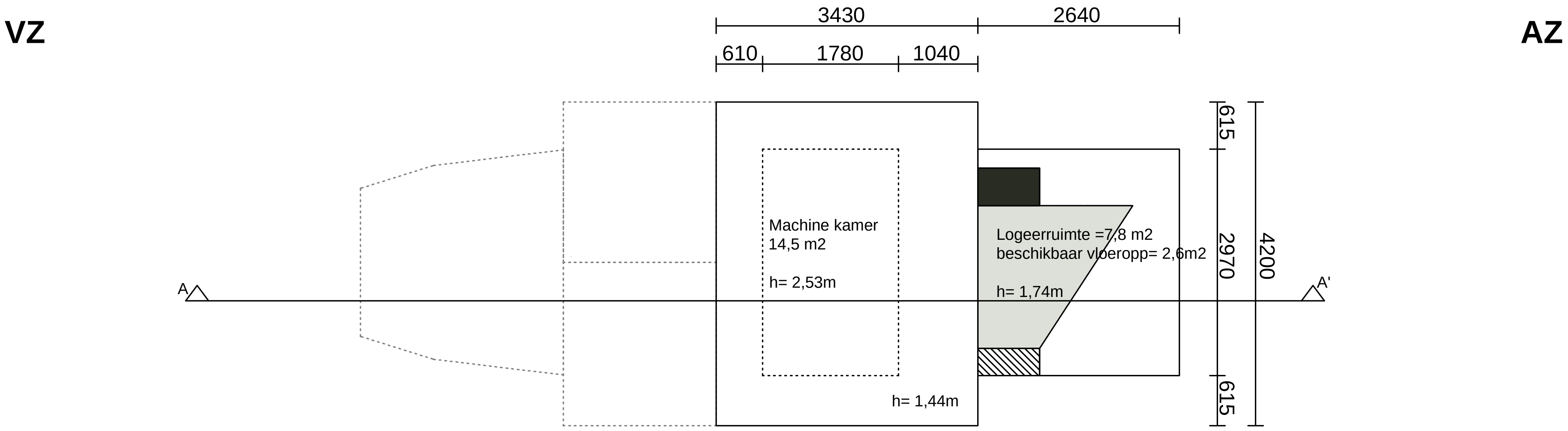
Legenda

- Trapgat
- Vast object
- Beperkt beschikbaar vloeroppervlak
- **VZ** Voorzijde schip
- **AZ** Achterzijde schip

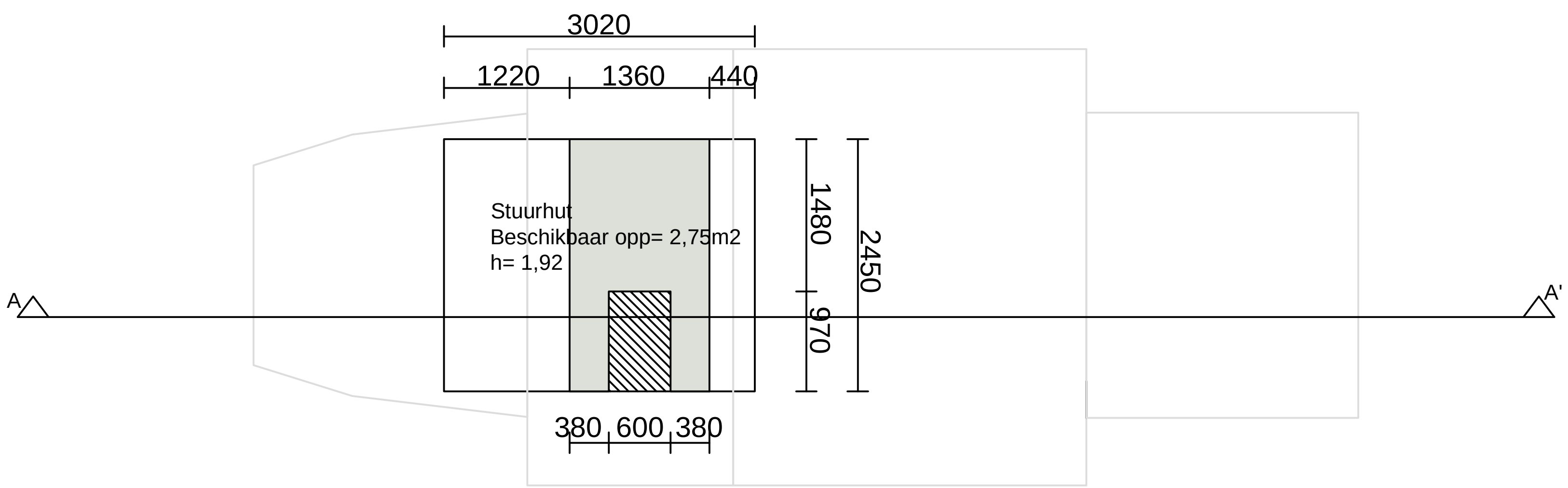
DPA CAUBERG-HUYGEN RAADGEVENDE INGENIEURS

DPA Cauberg-Huygen

Schiptype	Duwboot
Naam schip	Bobo
Opname datum	22 september 2014
Teken datum	3 oktober 2014
Tekenaar	L. Ottenheijm
Schaal (A3)	1:50
Bladnummer	1/3



Machineruimte en extra woonruimte



Stuurhut

Legenda

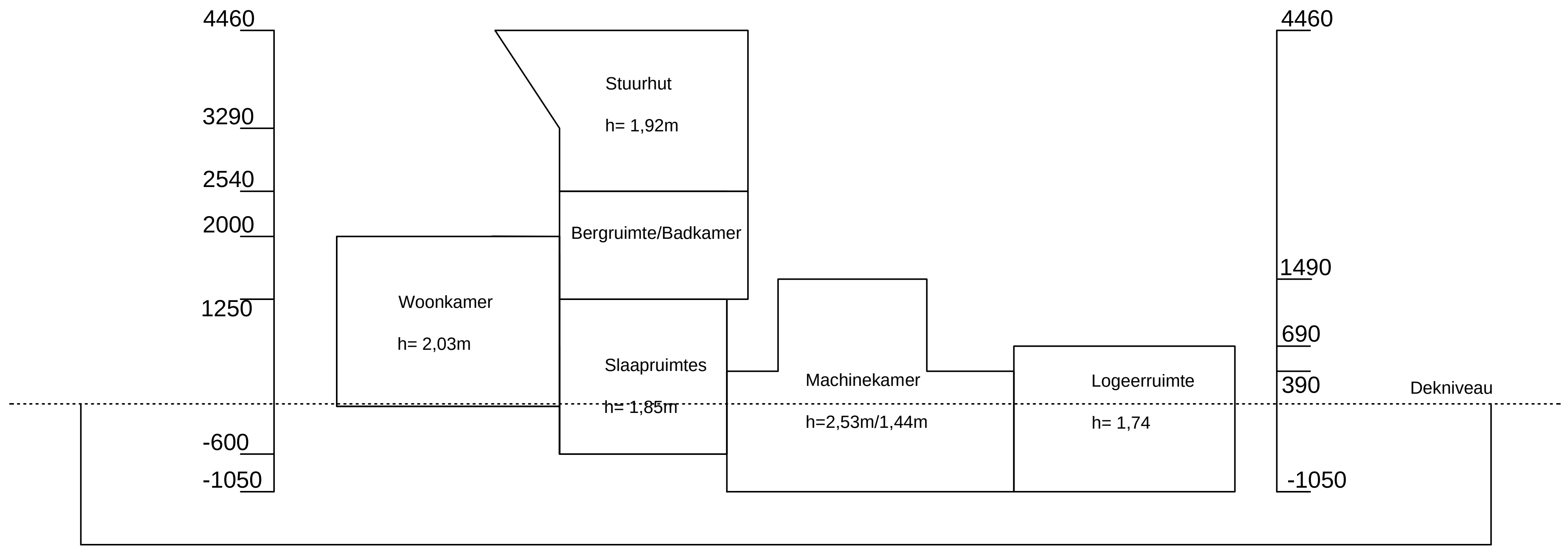
- Trapgat
- Vast object
- Beperkt beschikbaar vloeroppervlak
- **VZ** Voorzijde schip
- **AZ** Achterzijde schip

DPA CAUBERG-HUYGEN RAADGEVENDE INGENIEURS

DPA Cauberg-Huygen

Schiptype	Duwboot
Naam schip	Bobo
Opname datum	22 september 2014
Teken datum	3 oktober 2014
Tekenaar	L. Ottenheijm
Schaal (A3)	1:50
Bladnummer	2/3

VZ **AZ**



Doorsnede A-A'

Legenda

- Trapgat
- Vast object
- Beperkt beschikbaar vloeroppervlak
- **VZ** Voorzijde schip
- **AZ** Achterzijde schip

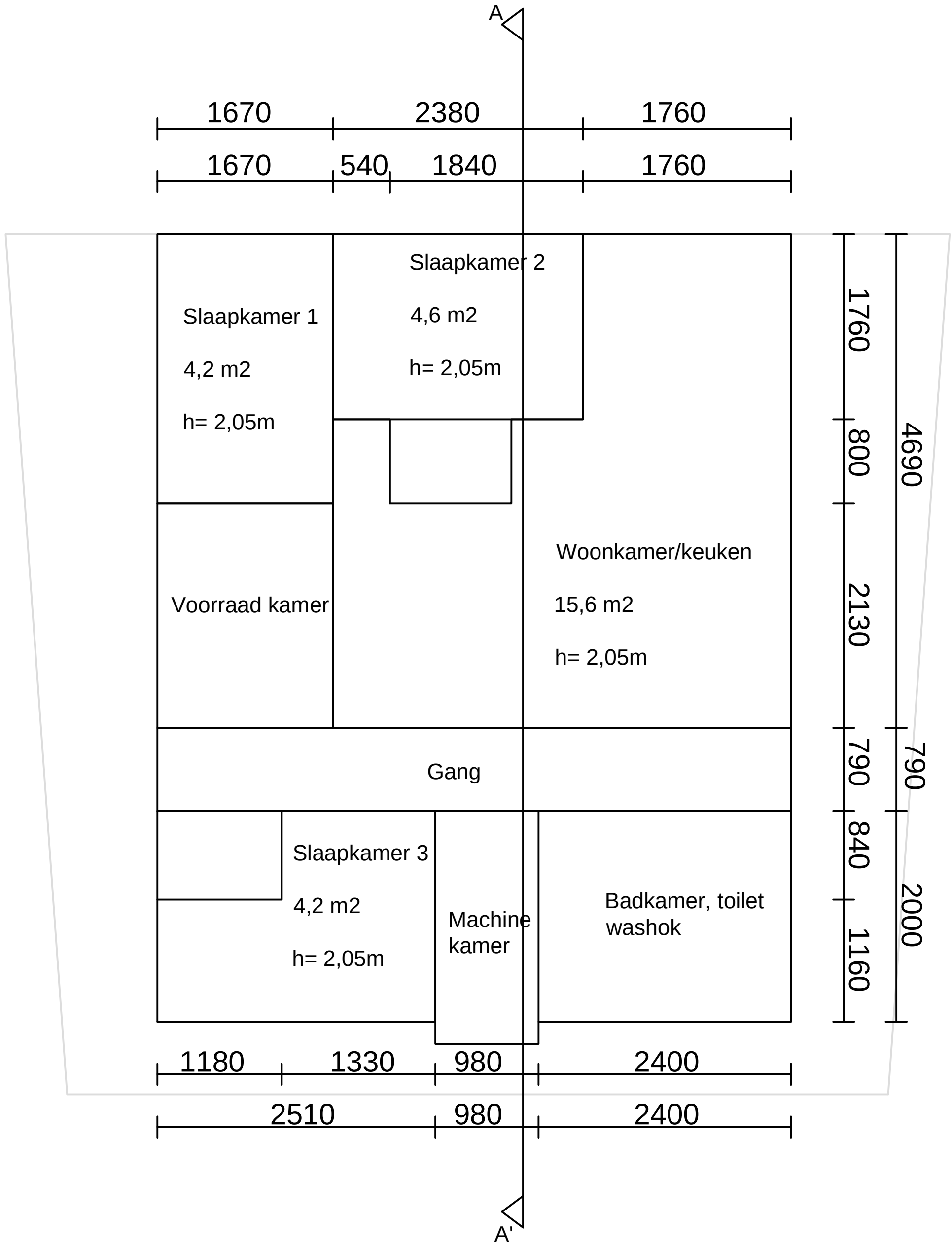
DPA CAUBERG-HUYGEN RAADGEVENDE INGENIEURS

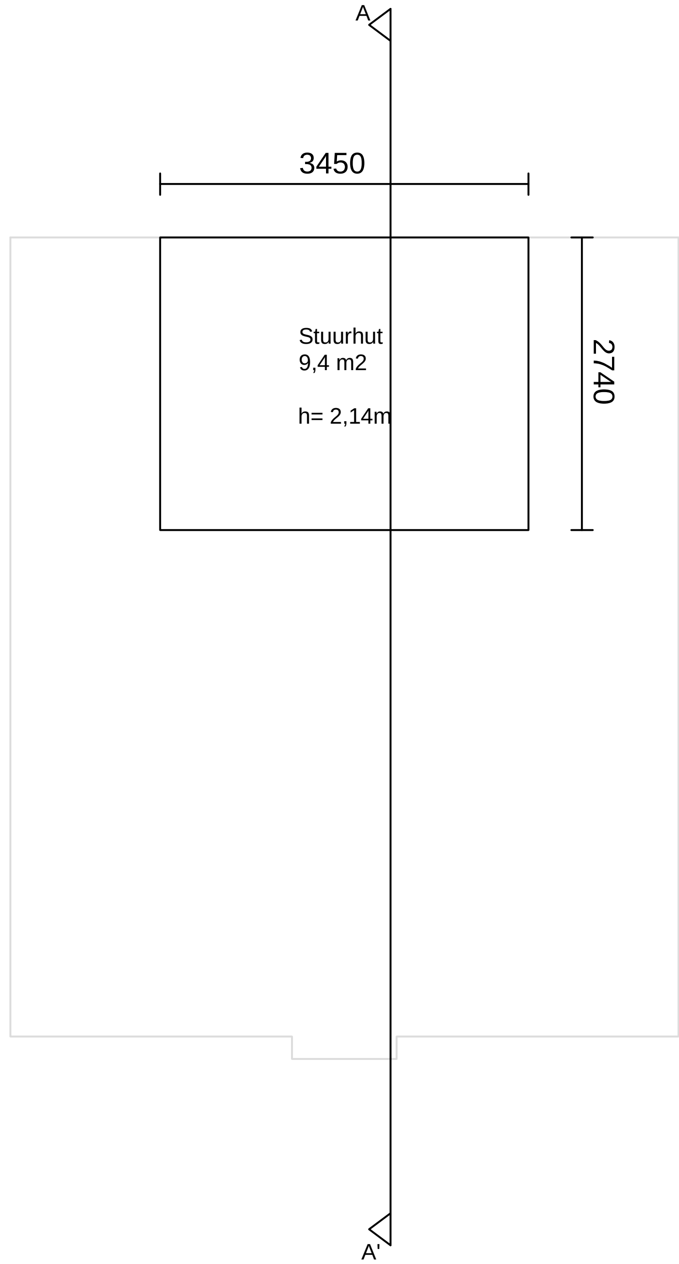
DPA Cauberg-Huygen

Schiptype	Duwboot
Naam schip	Bobo
Opname datum	22 september 2014
Teken datum	3 oktober 2014
Tekenaar	L. Ottenheijm
Schaal (A3)	1:50
Bladnummer	3/3

Tekeningen Kreeft

VZ





AZ

Woon en slaapvertrekken

Stuurhut

Legenda

- Trapgat
- Vast object
- Beperkt beschikbaar vloeroppervlak
- **VZ** Voorzijde schip
- **AZ** Achterzijde schip

Opmerkingen:

- Stuurhut kan omhoog en omlaag gaan. Grenst niet aan woonruimte.

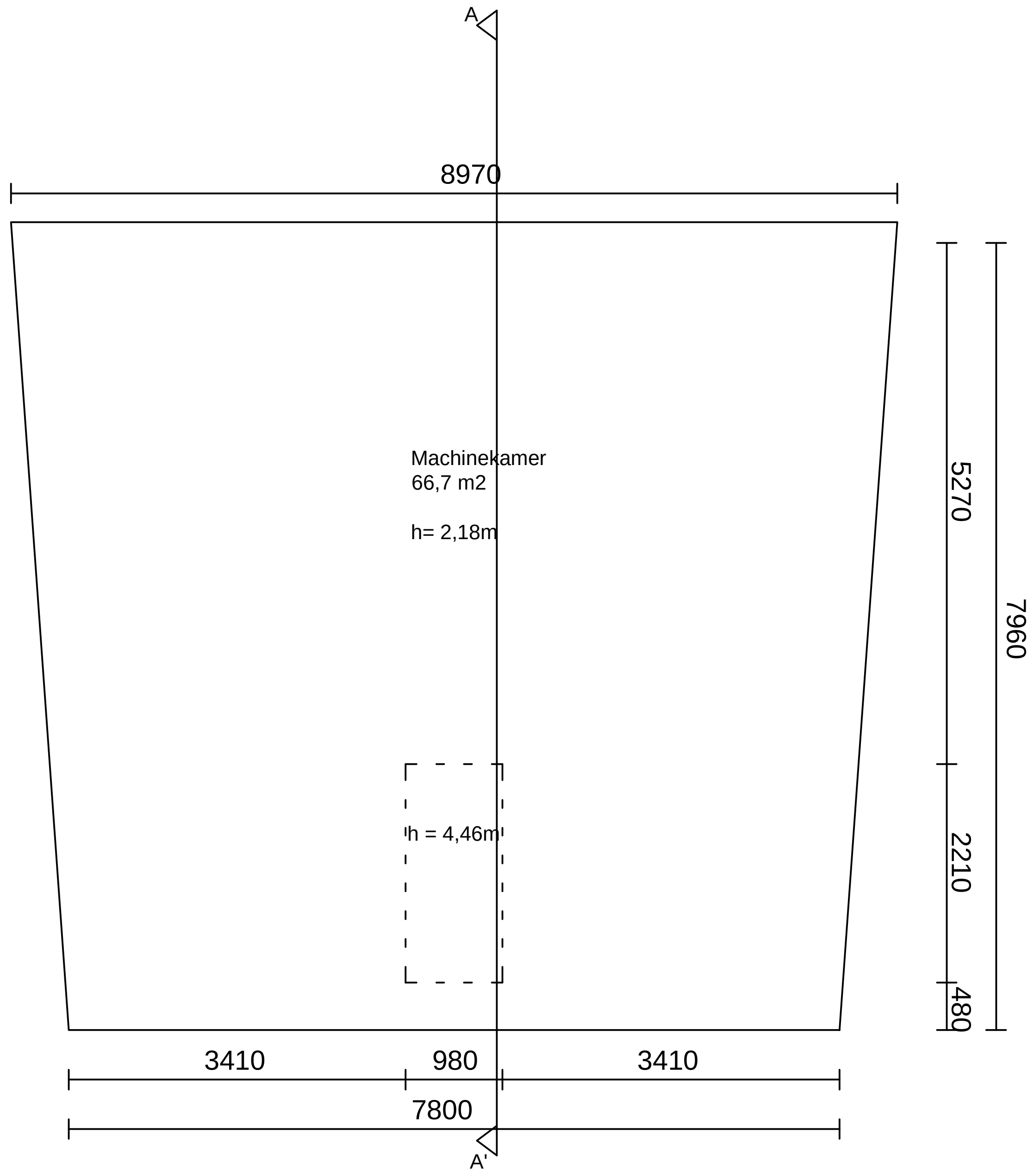
- De hooge in de machinekamer kan lager liggen door het de diverse leidingen en kabels aan het polafond.

- Aan de voorzijde van het schip bevind zich de kraan.

DPA CAUBERG-HUYGEN RAADGEVENDE INGENIEURS

DPA Cauberg-Huygen	
Schiptype	Kraanschip
Naam schip	Kreeft
Opname datum	6 oktober 2014
Teken datum	13 oktober 2014
Tekenaar	L. Ottenheijm
Schaal (A3)	1:50
Bladnummer	1/3

VZ



AZ

Machinekamer

Legenda

Trapgat

Vast object

Beperkt beschikbaar vloeroppervlak

VZ Voorzijde schip

AZ Achterzijde schip

Opmerkingen:

- Stuurhut kan omhoog en omlaag gaan. Grenst niet aan woonruimte.

- De hooge in de machinekamer kan lager liggen door het de diverse leidingen en kabels aan het polafond.

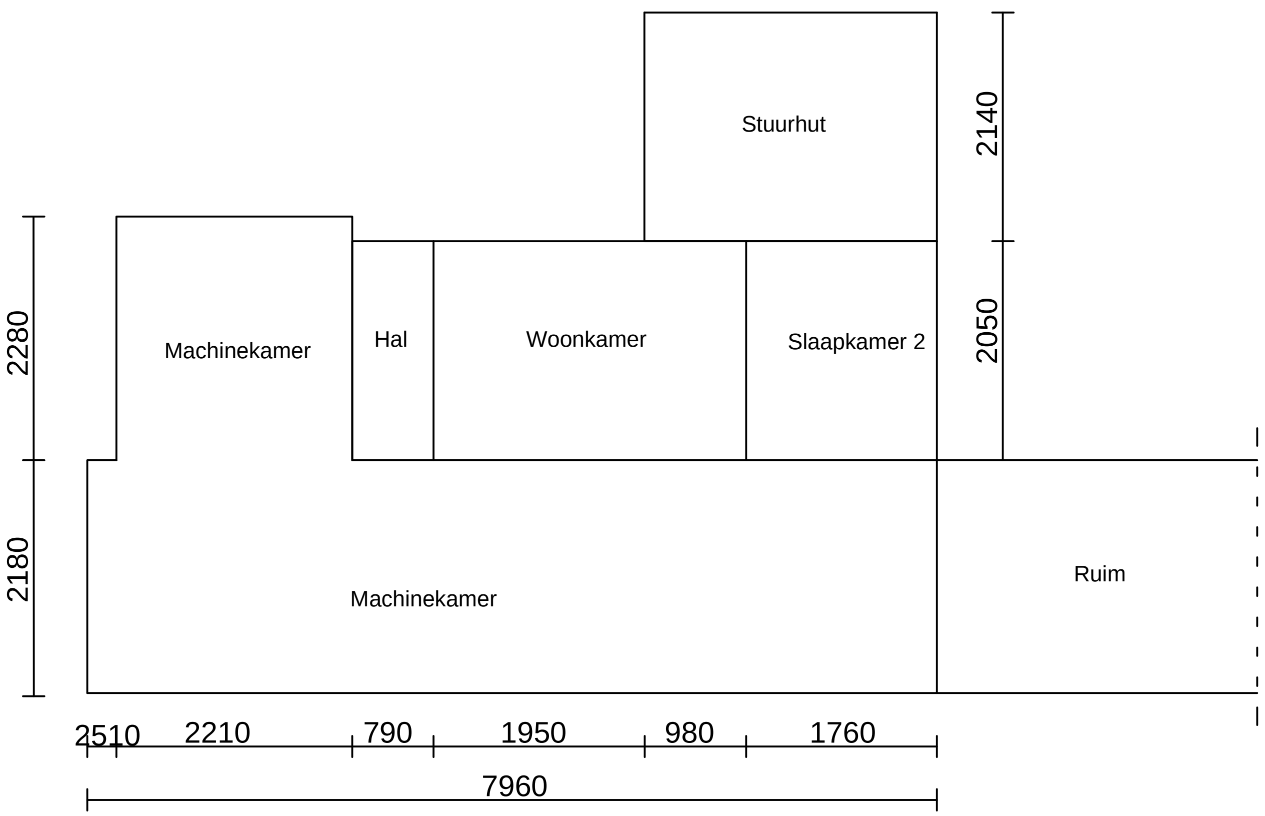
- Aan de voorzijde van het schip bevind zich de kraan.

DPA Cauberg-Huygen

Schiptype	Kraanschip
Naam schip	Kreeft
Opname datum	6 oktober 2014
Teken datum	13 oktober 2014
Tekenaar	L. Ottenheijm
Schaal (A3)	1:50
Bladnummer	2/3

AZ

VZ



Doorsnede A-A'

Legenda

Trapgat

Vast object

Beperkt beschikbaar vloeroppervlak

VZ Voorzijde schip

AZ Achterzijde schip

Opmerkingen:

- Stuurhut kan omhoog en omlaag gaan. Grenst niet aan woonruimte.

- De hooge in de machinekamer kan lager liggen door het de diverse leidingen en kabels aan het polafond.

- Aan de voorzijde van het schip bevind zich de kraan.

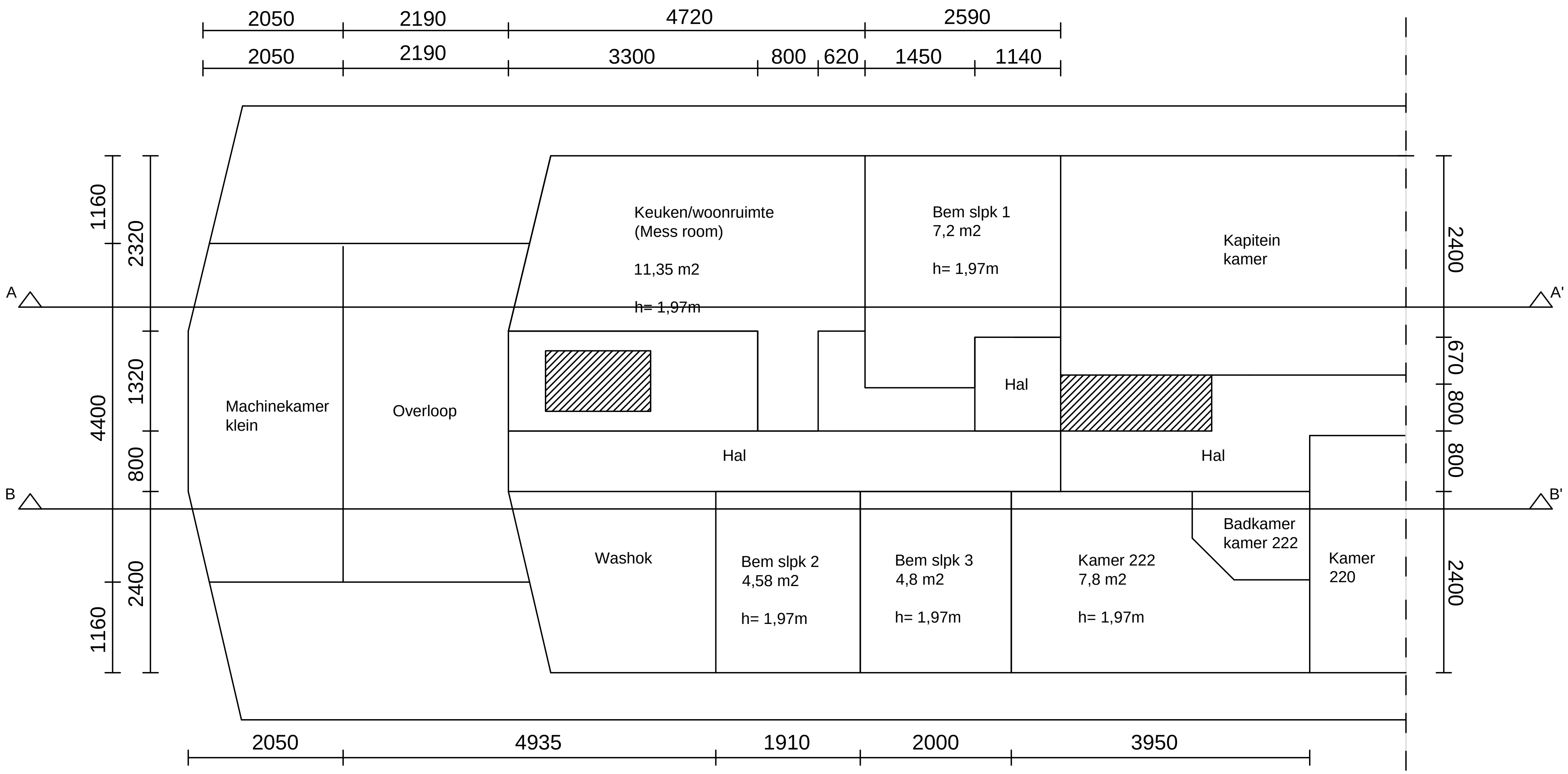
DPA CAUBERG-HUYGEN RAADGEVENDE INGENIEURS

DPA Cauberg-Huygen	
Schiptype	Kraanschip
Naam schip	Kreeft
Opname datum	6 oktober 2014
Teken datum	13 oktober 2014
Tekenaar	L. Ottenheijm
Schaal (A3)	1:50
Bladnummer	3/3

Tekeningen Virginia

AZ

VZ



Legenda

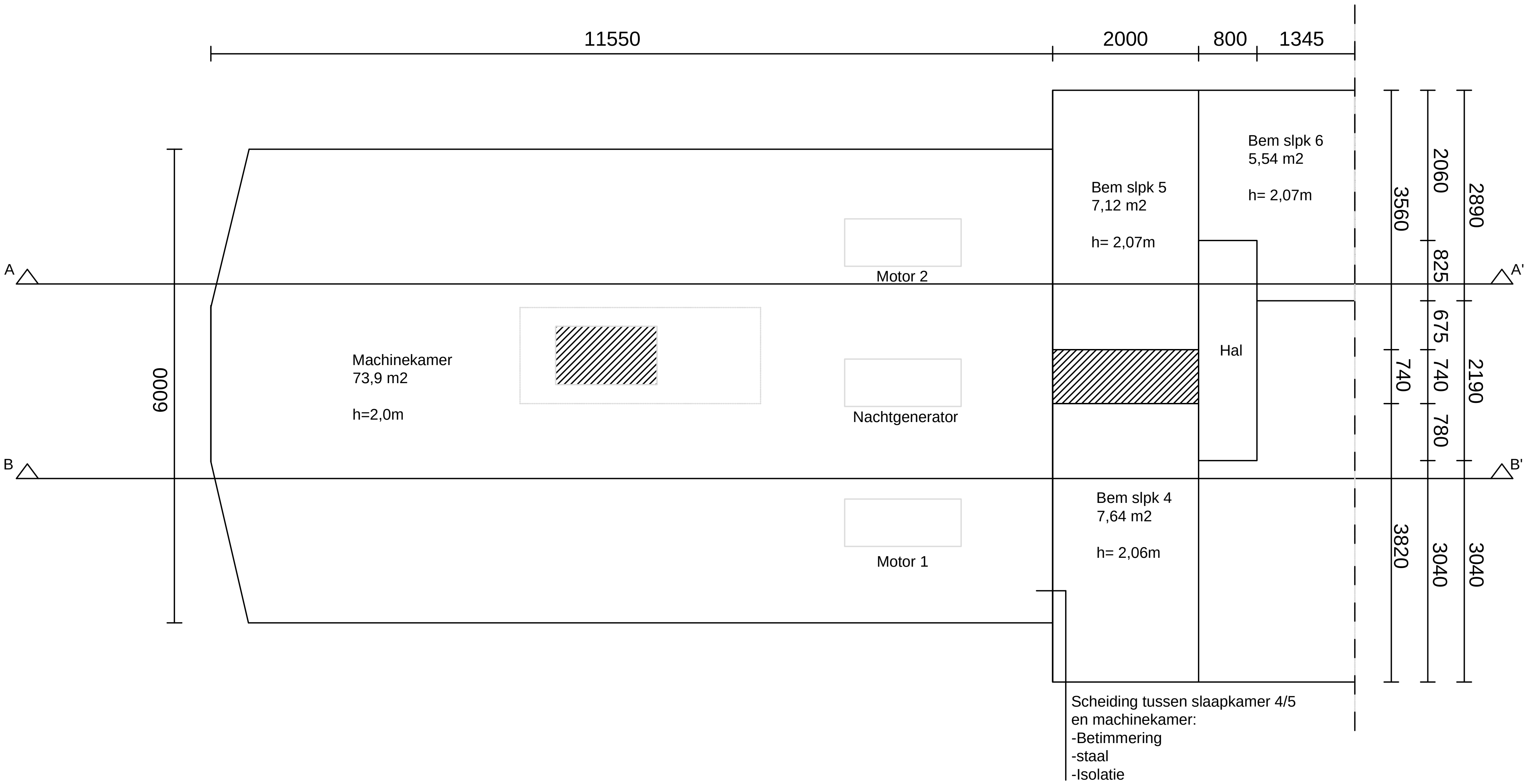
- Trapgat
- Vast object
- Beperkt beschikbaar vloeroppervlak
- **VZ** Voorzijde schip
- **AZ** Achterzijde schip

Woonkamer, slaapkamers 1 + 2 + 3 en kleine machinekamer

DPA CAUBERG-HUYGEN RAADGEVENDE INGENIEURS

DPA Cauberg-Huygen

Schiptype	Personenschip
Naam schip	Virgina (Trans river lines)
Opname datum	4 november 2014
Teken datum	14 november 2014
Tekenaar	L. Ottenheijm
Schaal (A3)	1:50
Bladnummer	1/4



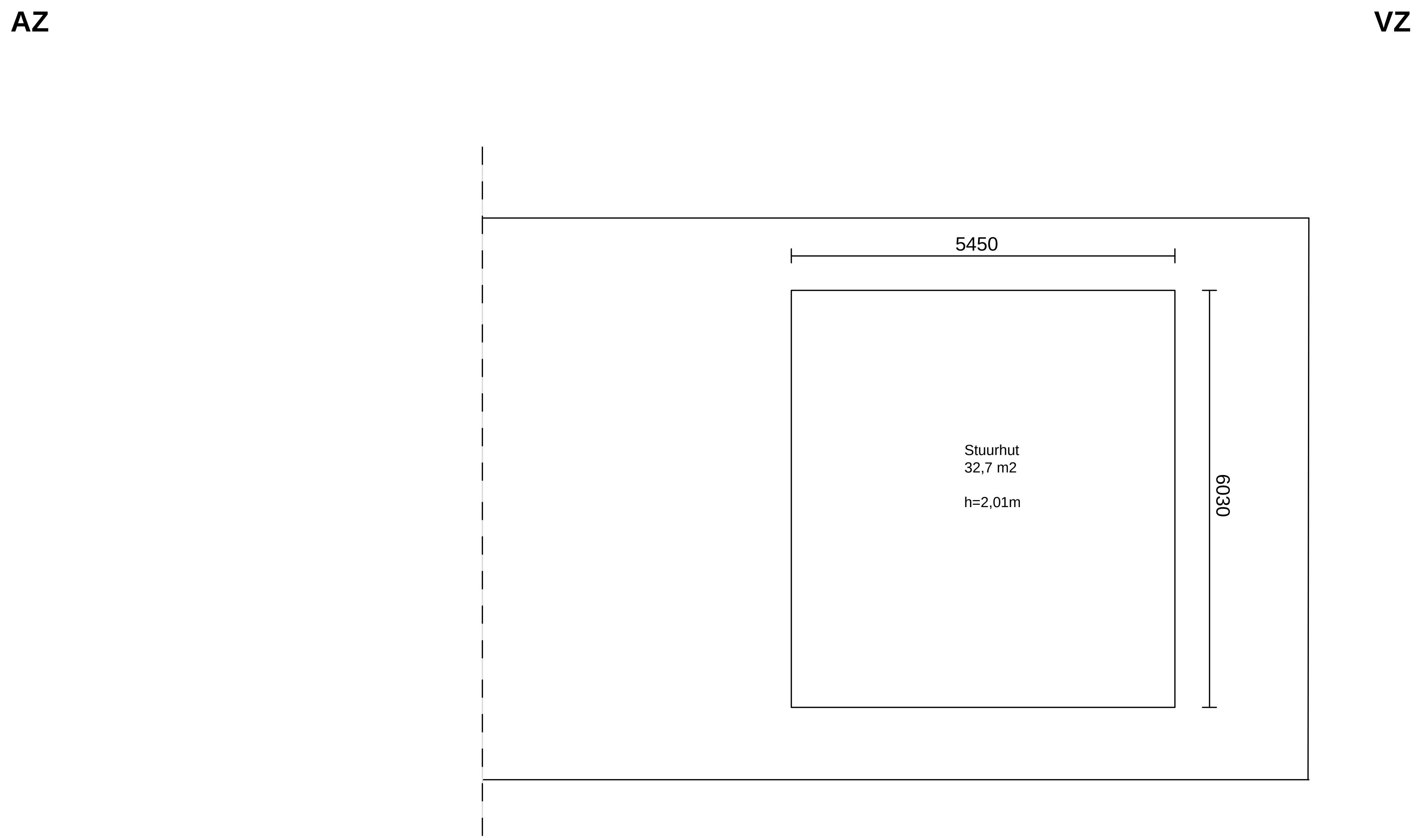
'Benedendek' met Machinekamer en slaapkamers 4 + 5 + 6

Legenda

- Trapgat
- Vast object
- Beperkt beschikbaar vloeroppervlak
- **VZ** Voorzijde schip
- **AZ** Achterzijde schip

DPA CAUBERG-HUYGEN RAADGEVENDE INGENIEURS

DPA Cauberg-Huygen	
Schiptype	Personenschip
Naam schip	Virgina (Trans river lines)
Opname datum	4 november 2014
Teken datum	14 november 2014
Tekenaar	L. Ottenheijm
Schaal (A3)	1:50
Bladnummer	2/4



Stuurhut gelegen aan de voorzijde van het schip op topdek

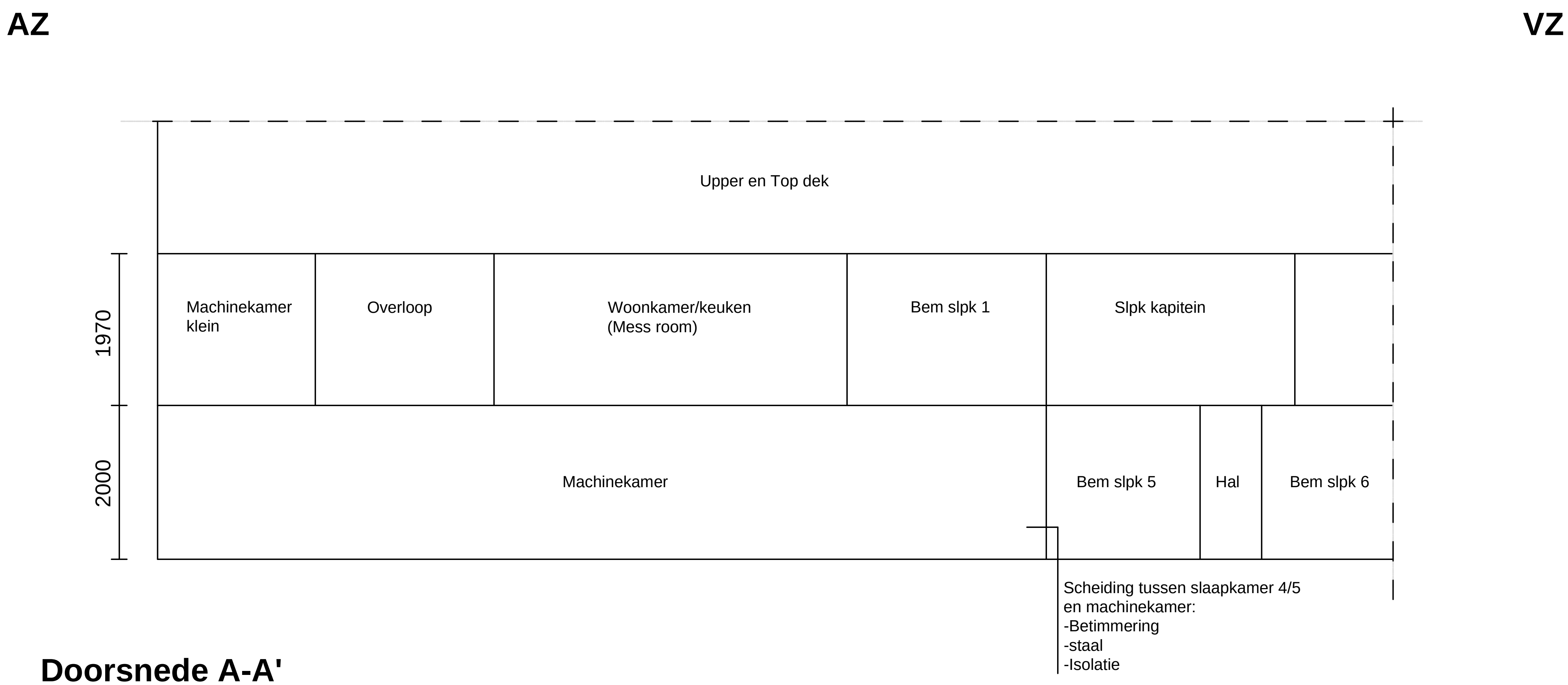
Legenda

- Trapgat
- Vast object
- Beperkt beschikbaar vloeroppervlak
- **VZ** Voorzijde schip
- **AZ** Achterzijde schip

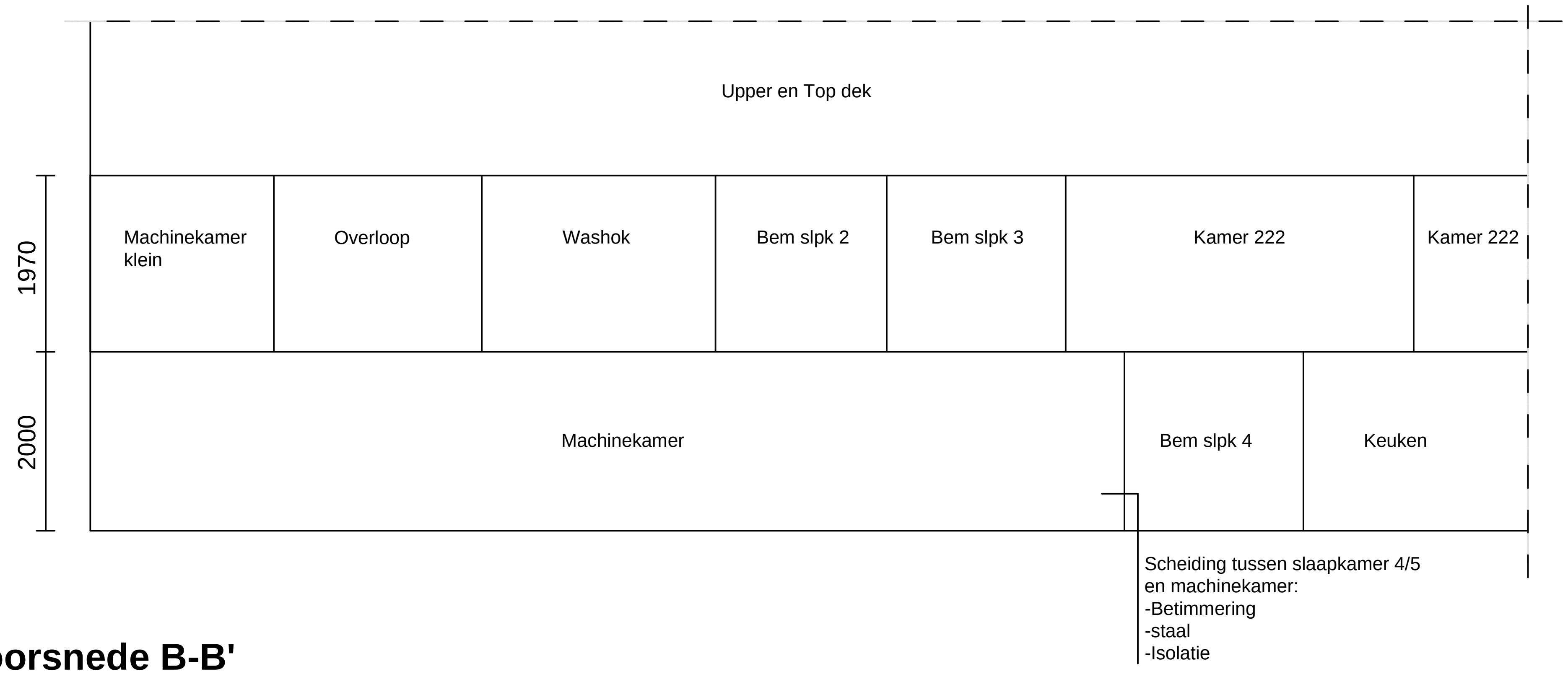
DPA CAUBERG-HUYGEN RAADGEVENDE INGENIEURS

DPA Cauberg-Huygen

Schiptype	Personenschip
Naam schip	Virgina (Trans river lines)
Opname datum	4 november 2014
Teken datum	14 november 2014
Tekenaar	L. Ottenheijm
Schaal (A3)	1:50
Bladnummer	3/4



Doorsnede A-A'



Doorsnede B-B'

Legenda

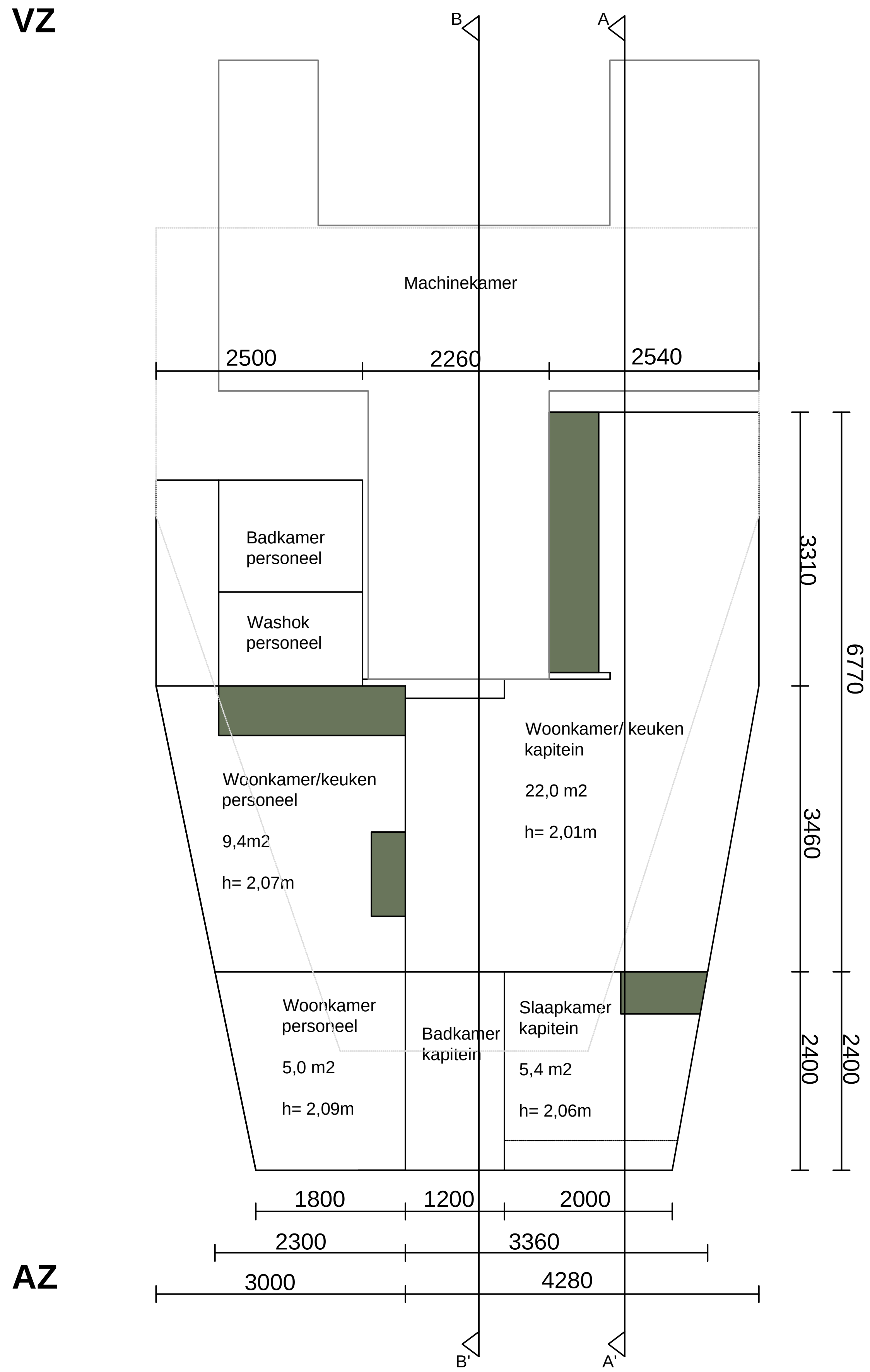
- Trapgat
- Vast object
- Beperkt beschikbaar vloeroppervlak
- **VZ** Voorzijde schip
- **AZ** Achterzijde schip

DPA Cauberg-Huygen

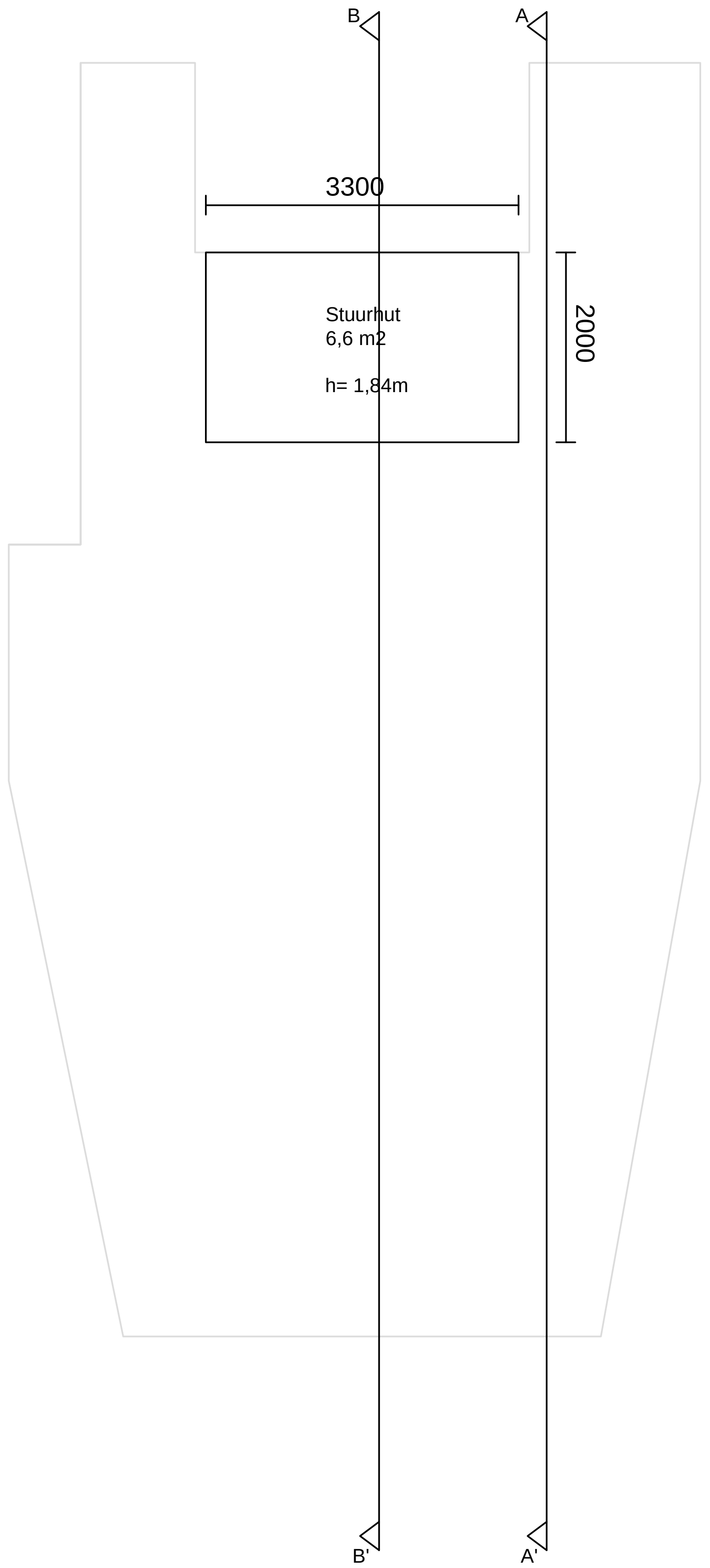
Schiptype	Personenschip
Naam schip	Virgina (Trans river lines)
Opname datum	4 november 2014
Teken datum	14 november 2014
Tekenaar	L. Ottenheijm
Schaal (A3)	1:50
Bladnummer	4/4

DPA CAUBERG-HUYGEN RAADGEVENDE INGENIEURS

Tekeningen Viator



Woon en slaapvertrekken



Stuurhut

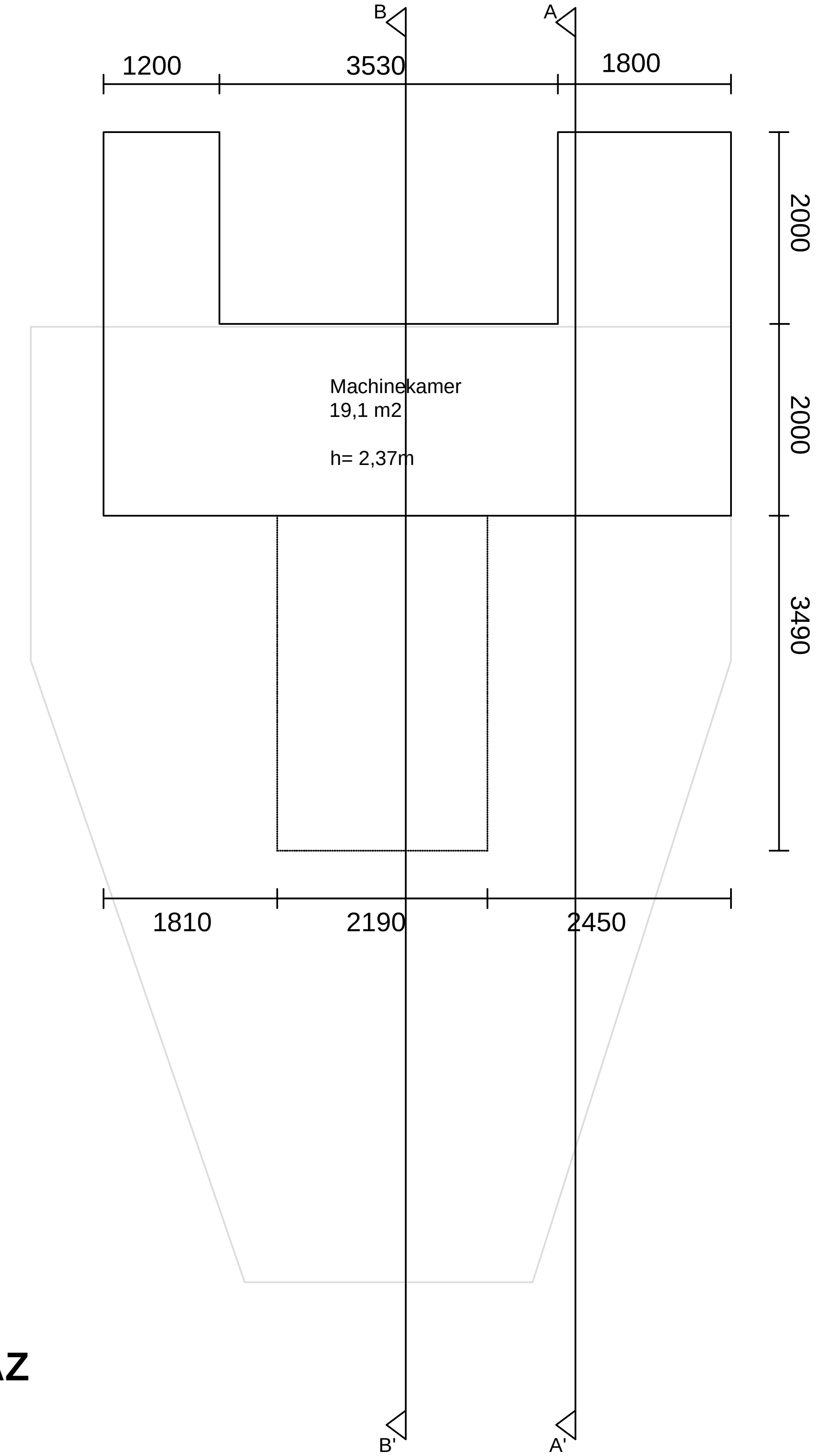
Legenda

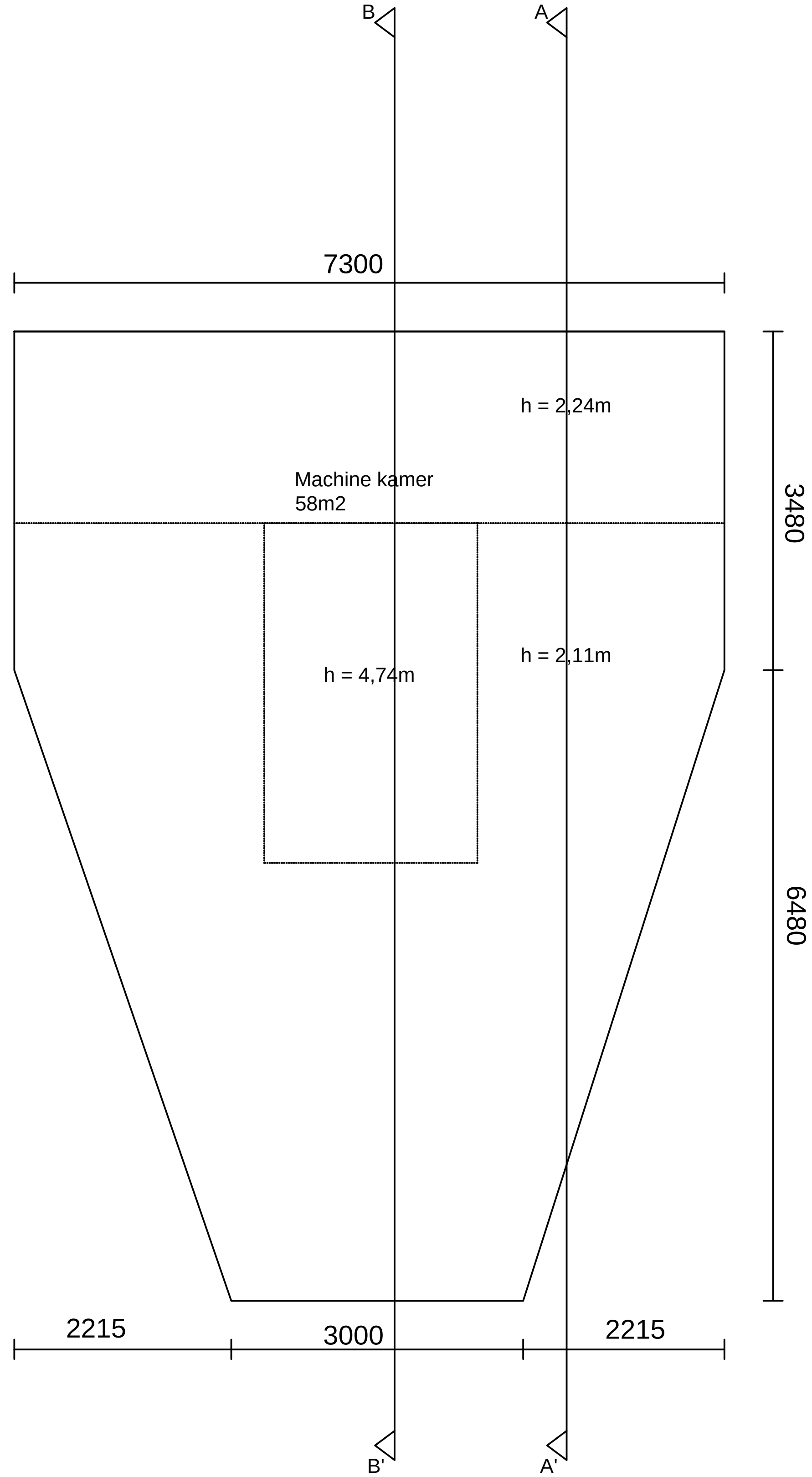
- Trapgat
- Vast object
- Beperkt beschikbaar vloeroppervlak
- **VZ** Voorzijde schip
- **AZ** Achterzijde schip

DPA CAUBERG-HUYGEN RAADGEVENDE INGENIEURS

DPA Cauberg-Huygen	
Schiptype	Motorvrachtschip
Naam schip	Viator
Opname datum	22 september 2014
Teken datum	29 september 2014
Tekenaar	L. Ottenheijm
Schaal (A3)	1:50
Bladnummer	1/3

VZ





AZ

Machinekamer (woonvertrekniveau)

Machinekamer(onder woning)

Legenda

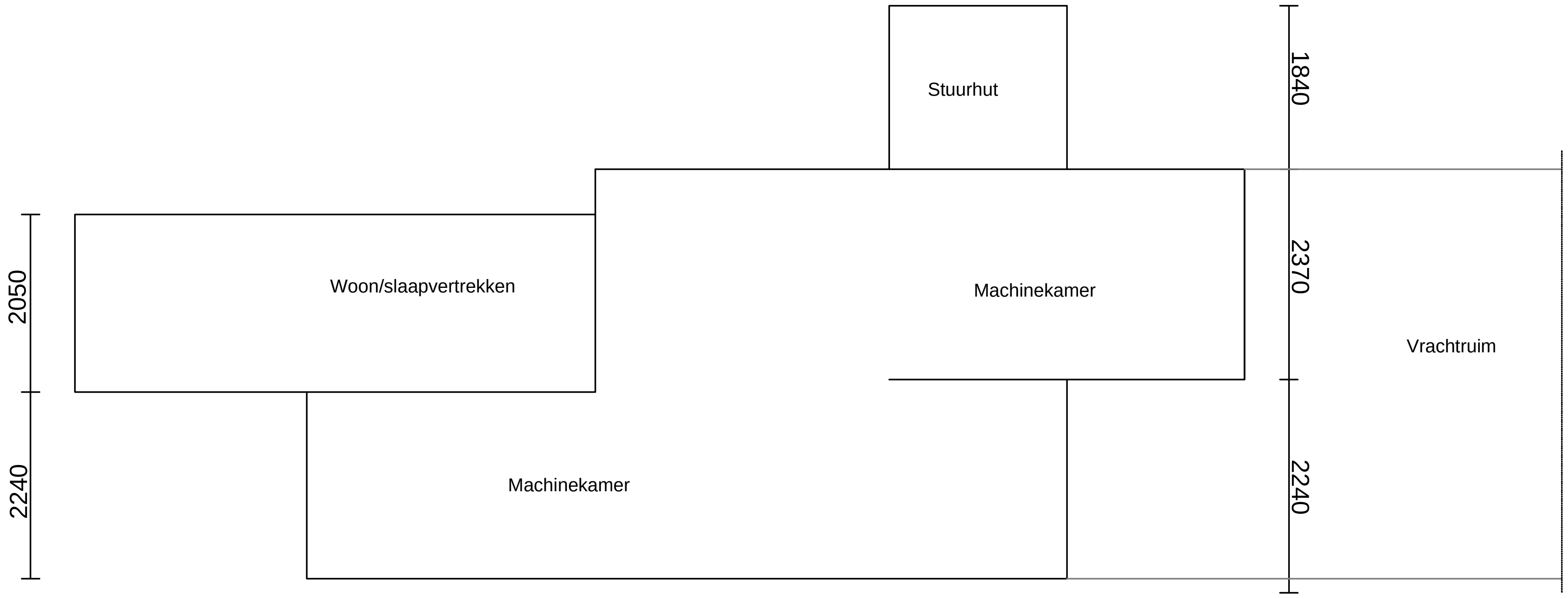
- Trapgat
- Vast object
- Beperkt beschikbaar vloeroppervlak
- **VZ** Voorzijde schip
- **AZ** Achterzijde schip

DPA CAUBERG-HUYGEN RAADGEVENDE INGENIEURS

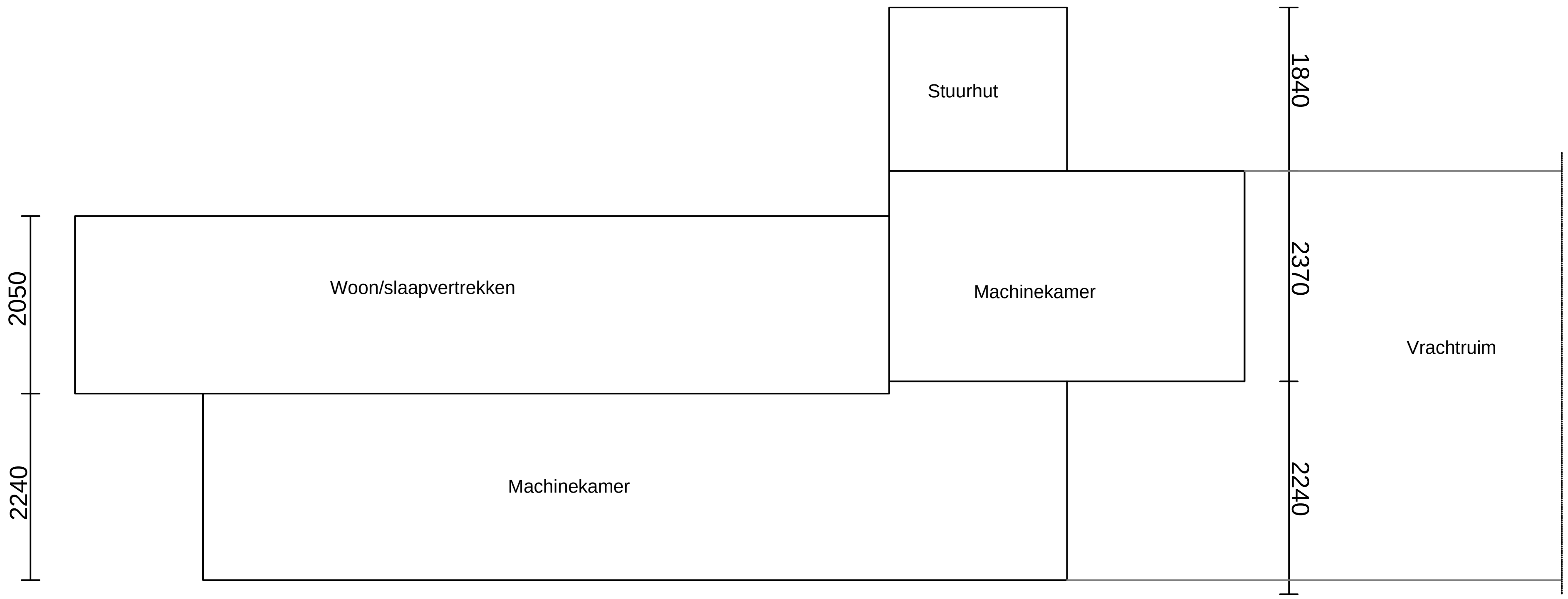
DPA Cauberg-Huygen

Schiptype	Motorvrachtschip
Naam schip	Viator
Opname datum	22 september 2014
Teken datum	29 september 2014
Tekenaar	L. Ottenheijm
Schaal (A3)	1:50
Bladnummer	2/3

AZ VZ



Doorsnede A-A'



Doorsnede B-B'

Legenda

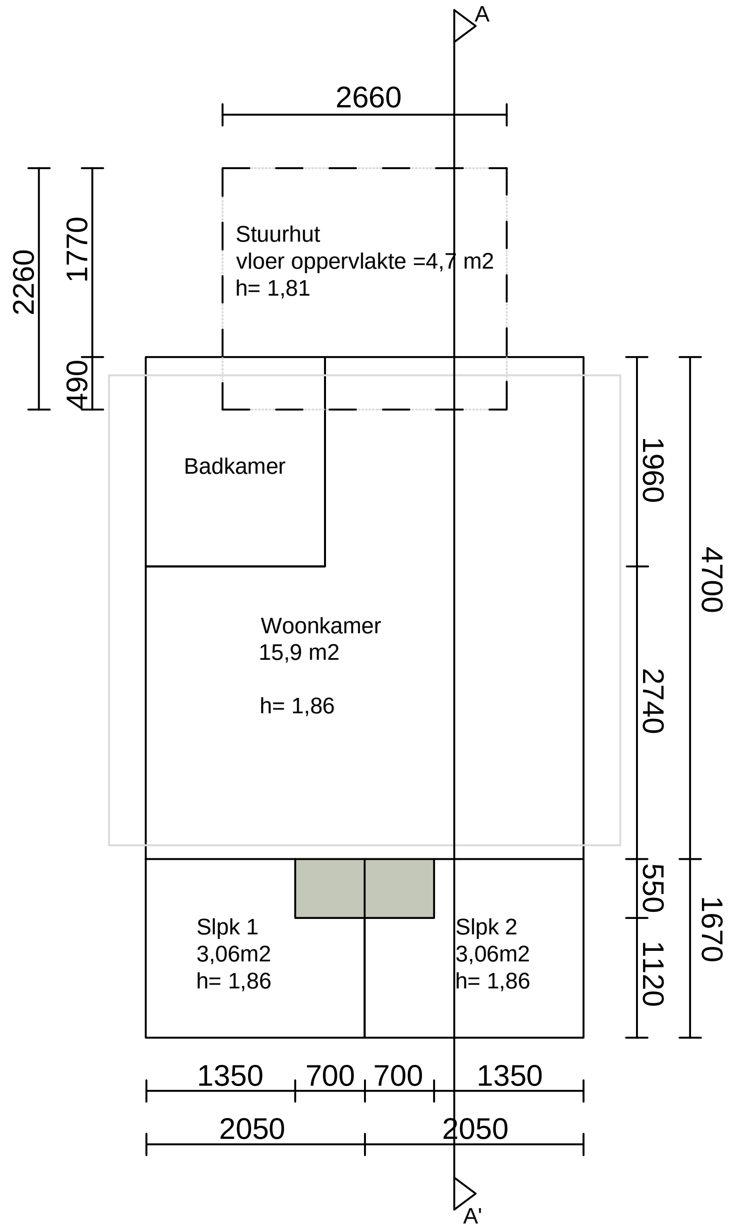
- Trapgat
- Vast object
- Beperkt beschikbaar vloeroppervlak
- **VZ** Voorzijde schip
- **AZ** Achterzijde schip

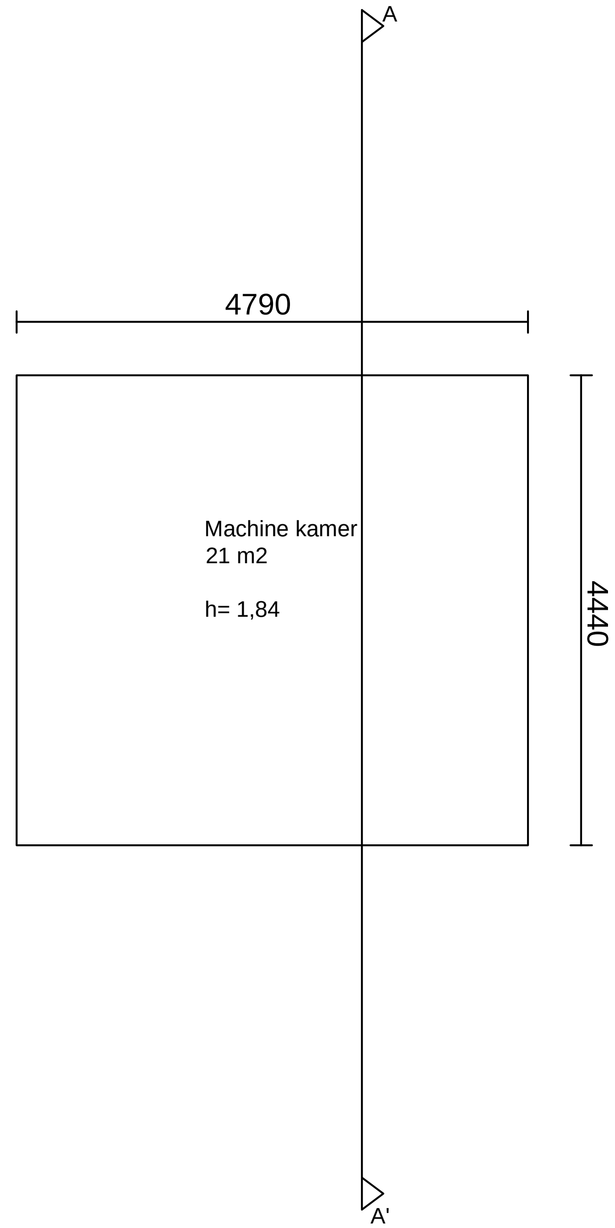
DPA CAUBERG-HUYGEN RAADGEVENDE INGENIEURS

DPA Cauberg-Huygen	
Schiptype	Motorvrachtschip
Naam schip	Viator
Opname datum	22 september 2014
Teken datum	29 september 2014
Tekenaar	L. Ottenheijm
Schaal (A3)	1:50
Bladnummer	3/3

Tekeningen Westropa

VZ





AZ

Woon, slaapvertrekken en stuurhut

Machinekamer

Legenda

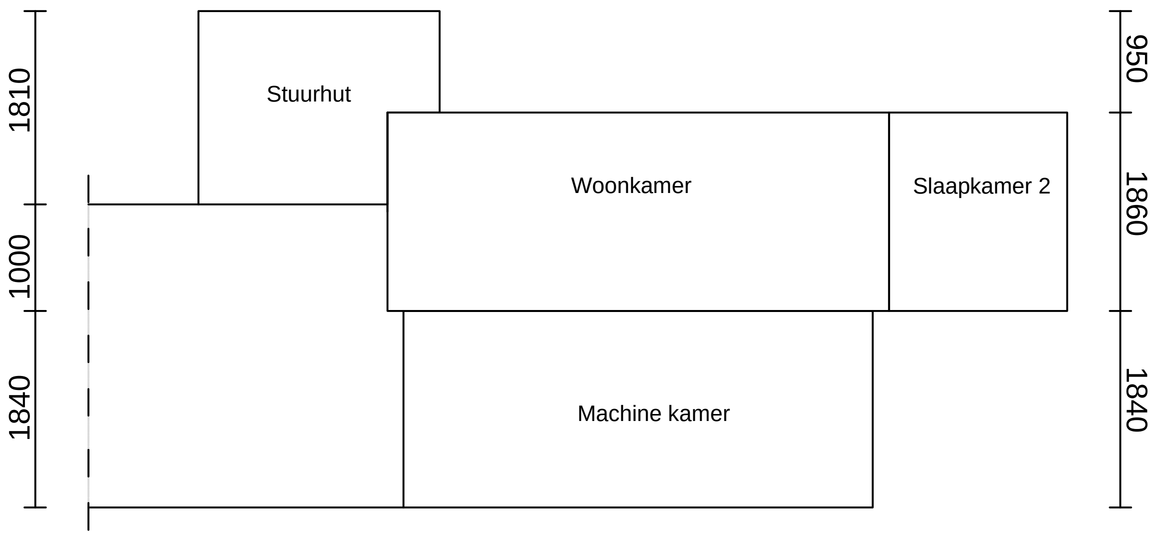
- Trapgat
- Vast object
- Beperkt beschikbaar vloeroppervlak
- **VZ** Voorzijde schip
- **AZ** Achterzijde schip

DPA Cauberg-Huygen
RAADGEVENDE INGENIEURS

DPA Cauberg-Huygen	
Schiptype	Spits
Naam schip	Westropa
Opname datum	10 november 2014
Teken datum	5 december 2014
Tekenaar	L. Ottenheijm
Schaal (A3)	1:50
Bladnummer	1/2

VZ

AZ



Doorsnede A-A'

Legenda

- Trapgat
- Vast object
- Beperkt beschikbaar vloeroppervlak
- **VZ** Voorzijde schip
- **AZ** Achterzijde schip

DPA CAUBERG-HUYGEN RAADGEVENDE INGENIEURS

DPA Cauberg-Huygen	
Schiptype	Spits
Naam schip	Westropa
Opname datum	10 november 2014
Teken datum	5 december 2014
Tekenaar	L. Ottenheijm
Schaal (A3)	1:50
Bladnummer	2/2

Bijlage II Ingevulde vragenlijsten schepen

DPA | CAUBERG-HUYGEN
RAADGEVENDE INGENIEURS

Vragenlijst Melvin

Schip

Naam:Melvin

Bouwjaar: 1961

Lengte [m]:67

Tonnage [ton]:855

Voortstuwing

Hoofdmotor

Fabrikant:Caterpillar

Type:3508Bdita

Bouwjaar:1998

Aantal:1

Maximaal vermogen [kW]:755

Maximaal toerental [tpm]:1800

Op hoeveel procent van uw totaal geïnstalleerd vermogen vaart u gemiddeld [kW]?

Bij welk toerental van de hoofdmotor is dit? [tpm]1400 max

Hulpmotor(en) Staan in de midden en voorop dus niet in de Machine kamer achter

Fabrikant: Hatz en Deutz Daf

Type:2M40H en 3l en daf 1160 boegschroef

Bouwjaar:1990 -2008 en 1990

Aantal:3

Maximaal vermogen [kW]: 15 en 17

Maximaal toerental [tpm]:1500

Keerkoppeling (indien aanwezig)

Fabrikant:ZF

Type:BW 251

Bouwjaar:1998

Reductieverhouding:4.13/1

Schroef

Fabrikant:lips

Type:HR

Aantal bladen:4

Diameter [m]:149

Straalbuis aanwezig? ja *

<u>Akoestische maatregelen</u>

Staat uw hoofdmotor flexibel opgesteld? nee*

Zo ja, is de motorfundatie extra verstijfd? ja

Is de hoofdmotor omkast? nee*

Zijn de leidingen flexibel opgehangen? ja

Staat de hulpmotor flexibel opgesteld? ja

Zo ja, is de hulpmotorfundatie extra verstijfd? nee*

Is de hulpmotor omkast? nee*

Zijn de leidingen flexibel opgehangen? nee*

Is een flexibele askoppeling voorzien tussen motor en keerkoppeling? ja

Is de keerkoppeling flexibel opgesteld? nee*

Wordt een stil schroef ontwerp toegepast?   ?

Zijn in de accommodaties zwevende vloeren toegepast?   nee*

Zo ja, in welke accommodaties?

Zijn in de accommodaties de wanden en plafonds ontkoppeld van de scheepsconstructie?   nee*

Zo ja, in welke accommodaties?

Is uw schip voorzien van een zwevende dekopbouw?   nee*

Zijn eventueel nog overige akoestische maatregelen toegepast?   nee*

Zo ja, welke?

Gebruik

Wat is uw functie op het schip? Schipper/Eigenaar

Hoeveel uur wordt er gemiddeld met het schip gevaren per 24 uur?14

Wordt er gelijktijdig door iemand gevaren en door anderen geslapen op het schip? Bijna nooit

Hoeveel uur verblijft u gemiddeld per 24 uur in de woonkamer van uw schip?6

Hoeveel uur verblijft u gemiddeld per 24 uur in uw slaapkamer 8

Hoeveel uur verblijft u gemiddeld per 24 uur in de stuurhut van uw schip?14

Hoeveel uur verblijft u gemiddeld per 24 uur in de machinekamer van uw schip? Nooit tijdens varen

Vragenlijst Bobo

Sleep/duwboot

Naam: Bobo

Bouwjaar: 1956

Lengte [m]: 16,85

Tonnage [ton]: 64

Voortstuwing

Hoofdmotor

Fabrikant: Volvo Penta

Type: TAMD 162 A

Bouwjaar: 1997

Aantal: 1

Maximaal vermogen [kW]: 360

Maximaal toerental [tpm]: 1900

Op hoeveel procent van uw totaal geïnstalleerd vermogen vaart u gemiddeld [kW]? 200/300 ?

Bij welk toerental van de hoofdmotor is dit? [tpm] 1400/1600

Hulpmotor(en)

Fabrikant: Lister/Petter

Type:

Bouwjaar: 1997

Aantal: 1

Maximaal vermogen [kW]: 10

Maximaal toerental [tpm]: 2500

Keerkoppeling (indien aanwezig)

Fabrikant:Twin Disk

Type: MG 516

Bouwjaar: 1997

Reductieverhouding: 4,52:1

Schroef

Fabrikant: ?

Type: cunial

Aantal bladen: 4

Diameter [m]: 1.40

Straalbuis aanwezig?   nee*

Akoestische maatregelen

Staat uw hoofdmotor flexibel opgesteld?   nee*

Zo ja, is de motorfundatie extra verstijfd?   nee*

Is de hoofdmotor omkast?   nee*

Zijn de leidingen flexibel opgehangen?   nee*

Staat de hulpmotor flexibel opgesteld?   ja

Zo ja, is de hulpmotorfundatie extra verstijfd?   nee*

Is de hulpmotor omkast?   nee*

Zijn de leidingen flexibel opgehangen?   nee*

Is een flexibele askoppeling voorzien tussen motor en keerkoppeling?   ja

Is de keerkoppeling flexibel opgesteld?   nee*

Wordt een stil schroef ontwerp toegepast?   nee*

Zijn in de accommodaties zwevende vloeren toegepast?   nee*

Zo ja, in welke accommodaties?

Zijn in de accommodaties de wanden en plafonds ontkoppeld van de scheepsconstructie?   nee*

Zo ja, in welke accommodaties?

Is uw schip voorzien van een zwevende dekopbouw?   nee*

Zijn eventueel nog overige akoestische maatregelen toegepast?   nee*

Zo ja, welke?

<u>Gebruik</u>

Wat is uw functie op het schip?

Kapitein/eigenaar.

Hoeveel uur wordt er gemiddeld met het schip gevaren per 24 uur? Op jaarbasis werk ik ca 1000 uur met de boot. Sleep, duw en stand by werkzaamheden. We varen in A1 dus max 14 uur p/d. In de woonkamer bereid ik de maaltijden en tijdens de vaart en het stilliggen breng ik de meeste tijd in de stuurhut door. De verplichte 8 uur rusttijd lig ik graag op mijn bed.

Wordt er gelijktijdig door iemand gevaren en door anderen geslapen op het schip? neen

Hoeveel uur verblijft u gemiddeld per 24 uur in de woonkamer van uw schip?

Hoeveel uur verblijft u gemiddeld per 24 uur in uw slaapkamer?

Hoeveel uur verblijft u gemiddeld per 24 uur in de stuurhut van uw schip?

Hoeveel uur verblijft u gemiddeld per 24 uur in de machinekamer van uw schip?

DPA | CAUBERG-HUYGEN RAADGEVENDE INGENIEURS

Vragenlijst Kreeft

Schip

Naam:kreeft

Bouwjaar: 1984

Lengte [m]:52 mtr

Tonnage [ton]:452,930

Voortstuwing

Hoofdmotor

Fabrikant:Caterpillar

Type:3408

Bouwjaar:1984

Aantal:1

Maximaal vermogen [kW]:290

Maximaal toerental [tpm]:1800

Op hoeveel procent van uw totaal geïnstalleerd vermogen vaart u gemiddeld [kW]? 290 KW/100%

Bij welk toerental van de hoofdmotor is dit? [tpm] 1800

Hulpmotor(en)

Fabrikant:1:Volvo 2:Cummins 3:Perkins

Type:1:D13B-E MH 2:4BT3.9G4 3:1103C-33G

Bouwjaar:1: 2012 2:2012 3:2012

Aantal:1:1st 2:1 st 3:1 st

Maximaal vermogen [kW]:1:404 KW 2:58 KW 3:31 KW

Maximaal toerental [tpm]:1: 1800 2: 1500 3: 1500

Keerkoppeling (indien aanwezig)

Fabrikant: Reintjes

Type:WAF 360

Bouwjaar:1984

Reductieverhouding: 4,418:1

Schroef

Fabrikant:?

Type:rechts draaiend shroefas 125 op loopvlak LT 6200

Aantal bladen:4

Diameter [m]:1200

Straalbuis aanwezig? nee*

Akoestische maatregelen

Staat uw hoofdmotor flexibel opgesteld? nee*

Zo ja, is de motorfundatie extra verstijfd? ja/nee*

Is de hoofdmotor omkast? nee*

Zijn de leidingen flexibel opgehangen? nee*

Staat de hulpmotor flexibel opgesteld? nee*

Zo ja, is de hulpmotorfundatie extra verstijfd? ja

Is de hulpmotor omkast? nee*

Zijn de leidingen flexibel opgehangen? ja

Is een flexibele askoppeling voorzien tussen motor en keerkoppeling? ja

Is de keerkoppeling flexibel opgesteld? nee*

* = schrappen wat niet past

Wordt een stil schroef ontwerp toegepast? nee*

Zijn in de accommodaties zwevende vloeren toegepast? nee*

Zo ja, in welke accommodaties?

Zijn in de accommodaties de wanden en plafonds ontkoppeld van de scheepsconstructie? nee*

Zo ja, in welke accommodaties?

Is uw schip voorzien van een zwevende dekopbouw? nee*

Zijn eventueel nog overige akoestische maatregelen toegepast? nee*

Zo ja, welke?

Gebruik

Wat is uw functie op het schip? schipper

Hoeveel uur wordt er gemiddeld met het schip gevaren per 24 uur? 2 uur

Wordt er gelijktijdig door iemand gevaren en door anderen geslapen op het schip? nee

Hoeveel uur verblijft u gemiddeld per 24 uur in de woonkamer van uw schip? 4 uur

Hoeveel uur verblijft u gemiddeld per 24 uur in uw slaapkamer? 8 uur

Hoeveel uur verblijft u gemiddeld per 24 uur in de stuurhut van uw schip? 8 uur

Hoeveel uur verblijft u gemiddeld per 24 uur in de machinekamer van uw schip? 1 uur

* = schrappen wat niet past

DPA | CAUBERG-HUYGEN
RAADGEVENDE INGENIEURS

Vragenlijst Virginia

Schip

Naam: Virginia

Bouwjaar: 1965

Lengte [m]: 67 mter

Tonnage [ton]: 650 m3

Voortstuwing

Hoofdmotor 2 x Deutz

Fabrikant: Deutz

Type: BAM 8 / 816

Bouwjaar: 1981

Aantal: 2

Maximaal vermogen [kW]: 374

Maximaal toerental [tpm]: 1800

Op hoeveel procent van uw totaal geïnstalleerd vermogen vaart u gemiddeld [kW]?

Bij welk toerental van de hoofdmotor is dit? [tpm] 80 %

Hulpmotor 1

Fabrikant: Deutz

Type: BF 6M 1013 E (kast)

Bouwjaar: 1998

Aantal: 1

Maximaal vermogen [kW]: 100

Maximaal toerental [tpm]: 1500

Hulpmotor 2

Fabrikant: Deutz EC

Type: 1013

Bouwjaar: 2000

Aantal: 1

Maximaal vermogen [kW]: 130

Maximaal toerental [tpm]: 1500

Hulpmotor 3

Fabrikant: Deutz

Type: BF6M 1015 C

Bouwjaar: 2002

Aantal: 1

Maximaal vermogen [kW]:

Maximaal toerental [tpm]: 1500

Keerkoppeling (indien aanwezig) BB

Fabrikant: Reintjes

Type: 1 x WAF 340

Bouwjaar: 2000

Reductieverhouding: 4:1

Keerkoppeling (indien aanwezig)

Fabrikant: Reintjes SB

Type: 1 x WAF 340 en 1 x

Bouwjaar: 2000

Reductieverhouding: 3,5:1

Schroef

Fabrikant: Ostermann

Type: 2 x CU 1

Aantal bladen: 5

Diameter [m]: 1150 mm

Straalbuis aanwezig? nee

Akoestische maatregelen

Staat uw hoofdmotor flexibel opgesteld? ja

Zo ja, is de motorfundatie extra verstijfd? Onbekend

Is de hoofdmotor omkast? nee

Zijn de leidingen flexibel opgehangen? ja

Staat de hulpmotor flexibel opgesteld? jnee

Zo ja, is de hulpmotorfundatie extra verstijfd? jnee

Is de hulpmotor omkast? 1x ja 2 keer 2

Zijn de leidingen flexibel opgehangen? ja

Is een flexibele askoppeling voorzien tussen motor en keerkoppeling? ja

Is de keerkoppeling flexibel opgesteld? nee

Wordt een stil schroef ontwerp toegepast? nee

Zijn in de accommodaties zwevende vloeren toegepast? nee

Zo ja, in welke accommodaties?

Zijn in de accommodaties de wanden en plafonds ontkoppeld van de scheepsconstructie? nee

Zo ja, in welke accommodaties?

Is uw schip voorzien van een zwevende dekopbouw? nee

Zijn eventueel nog overige akoestische maatregelen toegepast? nee

Zo ja, welke?

Gebruik

Wat is uw functie op het schip? Passagiersschip Rijnvaart

Hoeveel uur wordt er gemiddeld met het schip gevaren per 24 uur? 8 uur

Wordt er gelijktijdig door iemand gevaren en door anderen geslapen op het schip? Soms

Hoeveel uur verblijft u gemiddeld per 24 uur in de woonkamer van uw schip? 8

Hoeveel uur verblijft u gemiddeld per 24 uur in uw slaapkamer? 8

Hoeveel uur verblijft u gemiddeld per 24 uur in de stuurhut van uw schip? 8

Hoeveel uur verblijft u gemiddeld per 24 uur in de machinekamer van uw schip? 2

Vragenlijst Viator

Schip

Naam:	Viator
Bouwjaar:	1971
Lengte [m]:	84,92
Tonnage [ton]:	1575

Voortstuwing

Hoofdmotor

Fabrikant:	Caterpillar
Type:	3508 DITA
Bouwjaar:	1997
Aantal:	1
Maximaal vermogen [kW]:	675
Maximaal toerental [tpm]:	1600

Op hoeveel procent van uw totaal geïnstalleerd vermogen vaart u gemiddeld [kW]? 350

Bij welk toerental van de hoofdmotor is dit? [tpm] 1200

Hulpmotor(en)

Fabrikant:	Hatz
Type:	4L41C en 2M41
Bouwjaar:	2009 en 2007
Aantal:	3
Maximaal vermogen [kW]:	30
Maximaal toerental [tpm]:	1500

Keerkoppeling (indien aanwezig)

Fabrikant:	Mousson
Type:	RSD 571
Bouwjaar:	1998
Reductieverhouding:	4,667

Schroef

Fabrikant:	
Type:	
Aantal bladen:	4
Diameter [m]:	1,50
Straalbuis aanwezig? ja/nee*	Ja

Akoestische maatregelen

Staat uw hoofdmotor flexibel opgesteld? ja/nee*	Ja
Zo ja, is de motorfundatie extra verstijfd? ja/nee*	
Is de hoofdmotor omkast? ja/nee*	Nee
Zijn de leidingen flexibel opgehangen? ja/nee*	Nee

Staat de hulpmotor flexibel opgesteld? ja/nee*	Ja
Zo ja, is de hulpmotorfundatie extra verstijfd? ja/nee*	
Is de hulpmotor omkast? ja/nee*	Ja (Gedeeltelijk)
Zijn de leidingen flexibel opgehangen? ja/nee*	Nee

Is een flexibele askoppeling voorzien tussen motor en keerkoppeling? ja/nee*	Nee
Is de keerkoppeling flexibel opgesteld? ja/nee*	Nee

Wordt een stil schroef ontwerp toegepast? ja/nee*

Zijn in de accommodaties zwevende vloeren toegepast? ja/nee* Nee

Zo ja, in welke accommodaties?

Zijn in de accommodaties de wanden en plafonds ontkoppeld van de scheepsconstructie? ja/nee*

Zo ja, in welke accommodaties?

Is uw schip voorzien van een zwevende dekopbouw? ja/nee* Nee

Zijn eventueel nog overige akoestische maatregelen toegepast? ja/nee* Nee

Zo ja, welke?

Gebruik

Wat is uw functie op het schip? Schipper/Eigenaar

Hoeveel uur wordt er gemiddeld met het schip gevaren per 24 uur? 12

Wordt er gelijktijdig door iemand gevaren en door anderen geslapen op het schip? Nee

Hoeveel uur verblijft u gemiddeld per 24 uur in de woonkamer van uw schip? 4

Hoeveel uur verblijft u gemiddeld per 24 uur in uw slaapkamer? 6

Hoeveel uur verblijft u gemiddeld per 24 uur in de stuurhut van uw schip? 10

Hoeveel uur verblijft u gemiddeld per 24 uur in de machinekamer van uw schip? 1

Vragenlijst Westropa

Schip

Naam:Westropa

Bouwjaar: 1960

Lengte [m]:39

Tonnage [ton]:362

Voortstuwing

Hoofdmotor

Fabrikant:Gardner

Type:8L3B

Bouwjaar:1972

Aantal:1

Maximaal vermogen [kW]:169

Maximaal toerental [tpm]:1150

Op hoeveel procent van uw totaal geïnstalleerd vermogen vaart u gemiddeld [kW]?

Als we er vanuit gaan dat geleverd vermogen lineair afneemt met het toerental (Met het afgenomen vermogen van de schroef niet zo.)

Dan is 118KW gemiddeld. Denk ik.

Bij welk toerental van de hoofdmotor is dit? [tpm]

800rpm

Hulpmotor(en)

Fabrikant: Hatz

Type:3M40 en 2M40

Bouwjaar: 2003 en 2001

Aantal: 2

Maximaal vermogen [kW]: 25KVA en 17KVA

Maximaal toerental [tpm]: 1500

Keerkoppeling (indien aanwezig)

Fabrikant: Gardner

Type:

Bouwjaar: 1972

Reductieverhouding: 1:2,99

Schroef

Fabrikant: Ostermann

Type: cunial

Aantal bladen: 3

Diameter [m]: 1,05

Straalbuis aanwezig? nee

<u>Akoestische maatregelen</u>

Staat uw hoofdmotor flexibel opgesteld? nee

Zo ja, is de motorfundatie extra verstijfd?

Is de hoofdmotor omkast? nee

Zijn de leidingen flexibel opgehangen? nee

Staat de hulpmotor flexibel opgesteld? ja

Zo ja, is de hulpmotorfundatie extra verstijfd? ja

Is de hulpmotor omkast? nee

Zijn de leidingen flexibel opgehangen? nee

Is een flexibele askoppeling voorzien tussen motor en keerkoppeling? nee

Is de keerkoppeling flexibel opgesteld? nee

Wordt een stil schroef ontwerp toegepast? nee

Zijn in de accommodaties zwevende vloeren toegepast? nee

Zo ja, in welke accommodaties?

Zijn in de accommodaties de wanden en plafonds ontkoppeld van de scheepsconstructie? nee

Zo ja, in welke accommodaties?

Is uw schip voorzien van een zwevende dekopbouw? nee

Zijn eventueel nog overige akoestische maatregelen toegepast? nee

Zo ja, welke?

<u>Gebruik</u>

Wat is uw functie op het schip?

Schipper eigenaar

Hoeveel uur wordt er gemiddeld met het schip gevaren per 24 uur?

2600 uur per jaar. Gemiddeld over het jaar 8 uur per dag.

Wordt er gelijktijdig door iemand gevaren en door anderen geslapen op het schip?

soms

Hoeveel uur verblijft u gemiddeld per 24 uur in de woonkamer van uw schip?

7,75

Hoeveel uur verblijft u gemiddeld per 24 uur in uw slaapkamer?

8

Hoeveel uur verblijft u gemiddeld per 24 uur in de stuurhut van uw schip?

8

Hoeveel uur verblijft u gemiddeld per 24 uur in de machinekamer van uw schip?

0,25

Bijlage III Resultaten geluidmetingen

DPA | CAUBERG-HUYGEN
RAADGEVENDE INGENIEURS

Meetresultaten Melvin

Overzicht meetgegevens en beoordeling

Project: 20140720
Schip: Melvin
Type: Dortmunder
Datum: 20-10-2014
Uitvoering: NGE / LOT
Organisatie: DPA-CH

Gemeten geluidniveaus LAeq [dB(A)] verschillende motorvermogens

Situatie	Machinekamer ruimte	Stuurhut roerganger	Woonkamer ruimte	Slaapkamer 1 kussen	Slaapkamer 1 ruimte	Slaapkamer 2 kussen	Slaapkamer 2 ruimte
95% MCR -> 62 % MCR id plaats	NIET MOGELIJK						
file	51	50	49	46	45	48	47
LAeq	106	67,3	75,4	78,8	78	78,6	76,8
85% MCR							
file	43	42	41	38	37	40	39
LAeq	109,1	67,8	78,8	80,2	80,2	79,4	78,7
55% MCR							
file	35	36	34	31	30	33	32
LAeq	103,9	64,4	73,3	78,1	75,8	77,1	74,3
25% MCR							
file	28	27	26	23	22	25	24
LAeq	99,6	58	66,2	71,2	69,7	68,8	67,2
5% MCR							
file	20	21	19	16	15	18	17
LAeq	98,8	55,2	65,4	67,7	66,7	65,2	64,9

Beoordeling geluidniveaus LAeq [dB(A)]

Situatie	Machinekamer ruimte	Stuurhut roerganger	Woonkamer ruimte	Slaapkamer 1 kussen	Slaapkamer 1 ruimte	Slaapkamer 2 kussen	Slaapkamer 2 ruimte
95% MCR -> 62 % MCR id plaats	-4	-2,7	5,4	18,8	18	18,6	16,8
85% MCR	-0,9	-2,2	8,8	20,2	20,2	19,4	18,7
55% MCR	-6,1	-5,6	3,3	18,1	15,8	17,1	14,3
25% MCR	-10,4	-12	-3,8	11,2	9,7	8,8	7,2
5% MCR	-11,2	-14,8	-4,6	7,7	6,7	5,2	4,9
Toetsing	110	70	70	60	60	60	60
grootste verschil	-0,9	-2,2	8,8	20,2	20,2	19,4	18,7

Schip: Melvin

Gemeten geluidniveaus LAeq [dB(A)] bijdrage motor

Situatie	Machinekamer ruimte	Stuurhut roerganger	Woonkamer ruimte	Slaapkamer 1 kussen	Slaapkamer 1 ruimte	Slaapkamer 2 kussen	Slaapkamer 2 ruimte
Achtergrond (motor uit - stroomaggregaat aan)							
file	7	6	5	2	1	4	3
LAeq	57	41,4	33	35,2	33,6	32,1	33,8
Motor stationair (niet varen)							
file	8	9	10	13	14	11	12
LAeq	96,7	52,6	62,5	67	63,6	60,9	62
Motor 85% (niet varen)	NIET MOGELIJK	(kan niet loskoppelen)					
file	--	--	--	--	--	--	--
LAeq	--	--	--	--	--	--	--

Gemeten geluidniveau LAeq [dB(A)] uitlaat schoorsteen

Situatie	Diameter schoorsteen	Afstand (> 1,5 D)	Hbr	Hmic	LAeq	file
25% MCR	0,35	0,525	1,77	1,8	75,3	29
85% MCR	0,35	0,525	1,77	1,8	88,1	44

Bepaling en beoordeling MCR-mix

Project: 20140720
Schip: Melvin
Type: Dortmunder
Datum: 20-10-2014
Uitvoering: NGE / LOT
Organisatie: DPA-CH

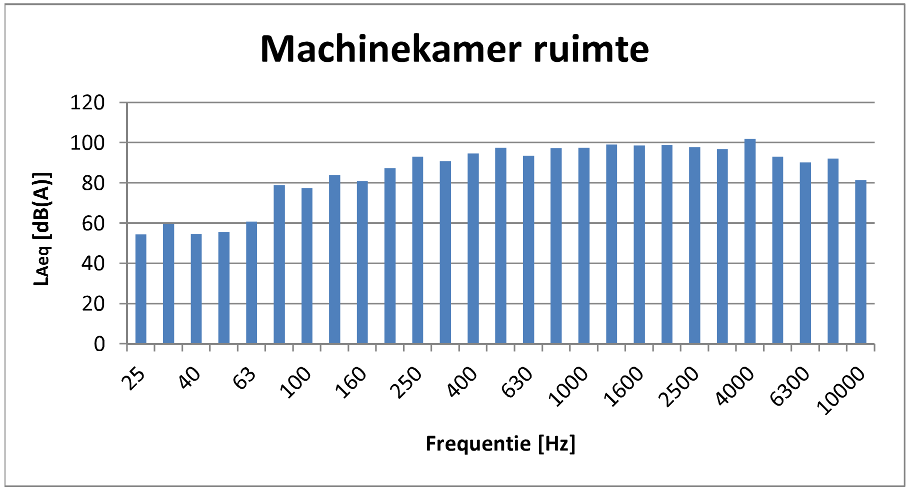
Situatie	Machinekamer ruimte	Stuurhut roerganger	Woonkamer ruimte	Slaapkamer 1 kussen	Slaapkamer 1 ruimte	Slaapkamer 2 kussen	Slaapkamer 2 ruimte
	103,5	62,5	72,5	75,6	74,5	74,4	72,9
Toetsing	110	70	70	60	60	60	60
Overschrijding	-6,5	-7,5	2,5	15,6	14,5	14,4	12,9

Meetgegevens spectraal

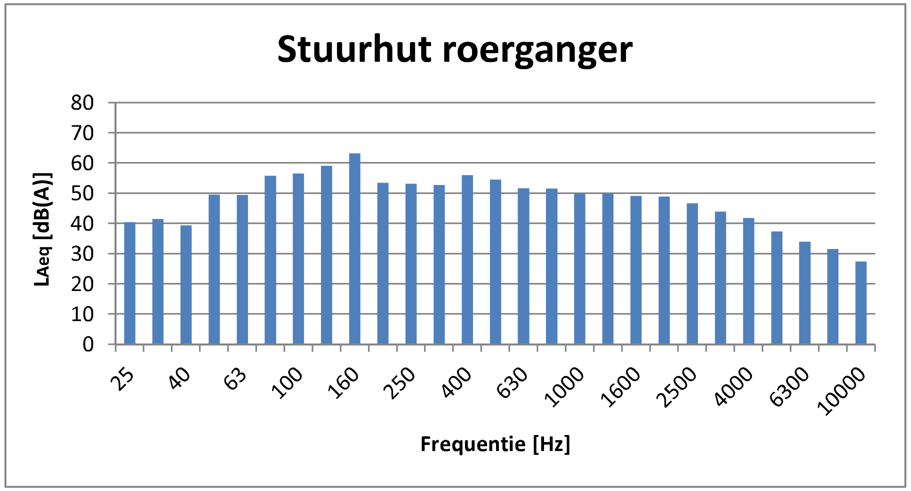
Project: 20140720
Schip: Melvin
Type: Dortmunder
Datum: 20-10-2014
Uitvoering: NGE / LOT
Organisatie: DPA-CH

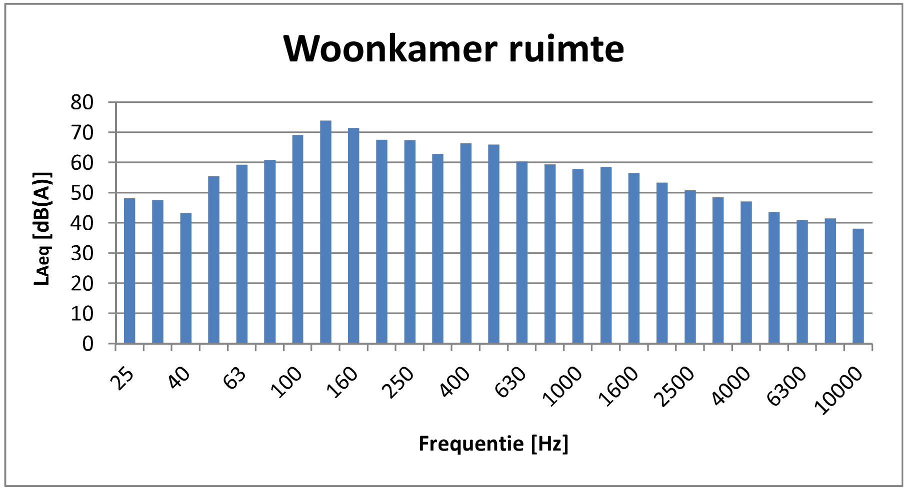
Gemeten geluidniveaus LAeq [dB(A)] bij 85% MCR

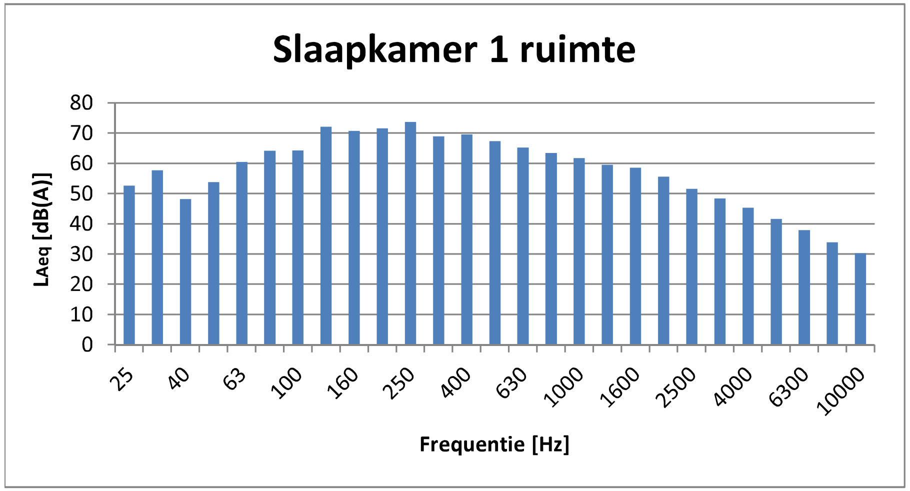
Situatie	Machinekamer ruimte	Stuurhut roerganger	Woonkamer ruimte	Slaapkamer 1 kussen	Slaapkamer 1 ruimte	Slaapkamer 2 kussen	Slaapkamer 2 ruimte
85% MCR							
file	43	42	41	38	37	40	39
LAeq	109,1	67,8	78,8	80,2	80,2	79,4	78,7

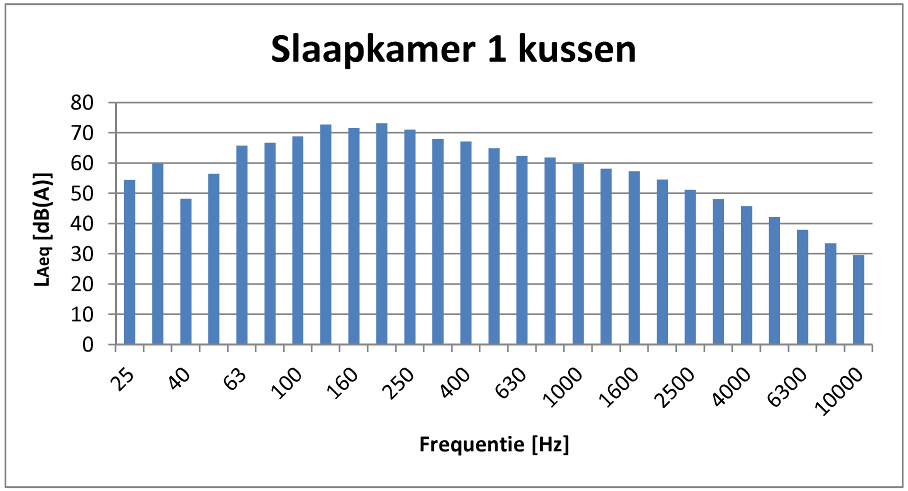


Schip: Melvin

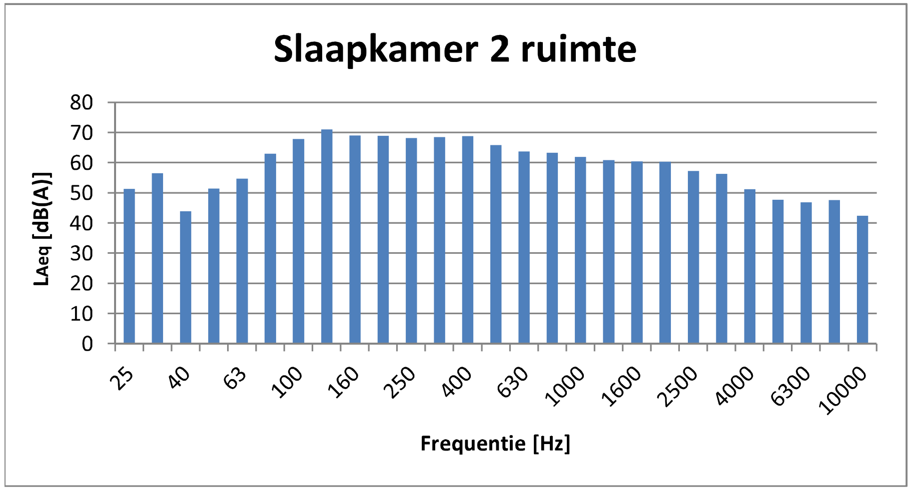


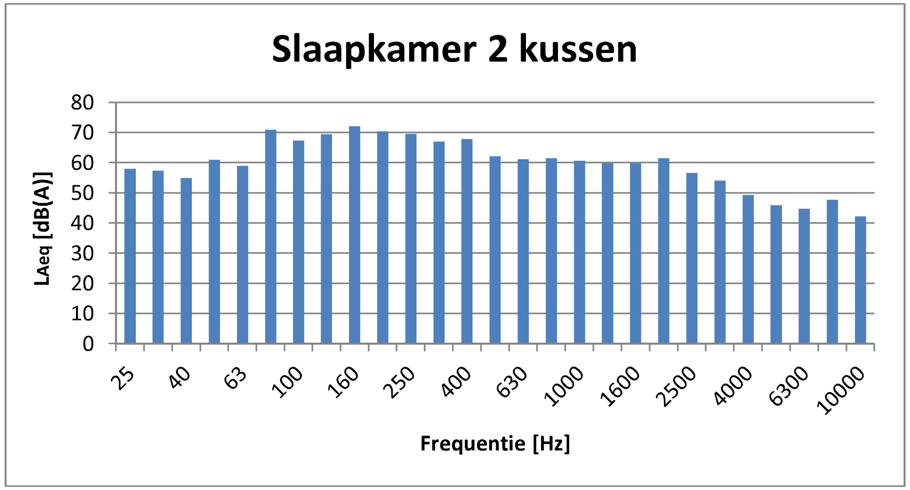






Schip: Melvin

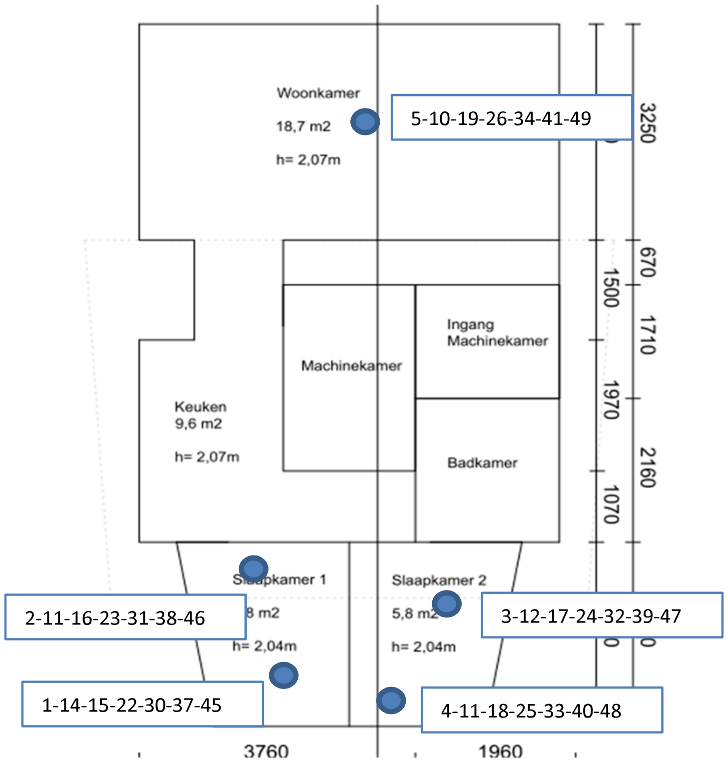




Overzicht meetposititie

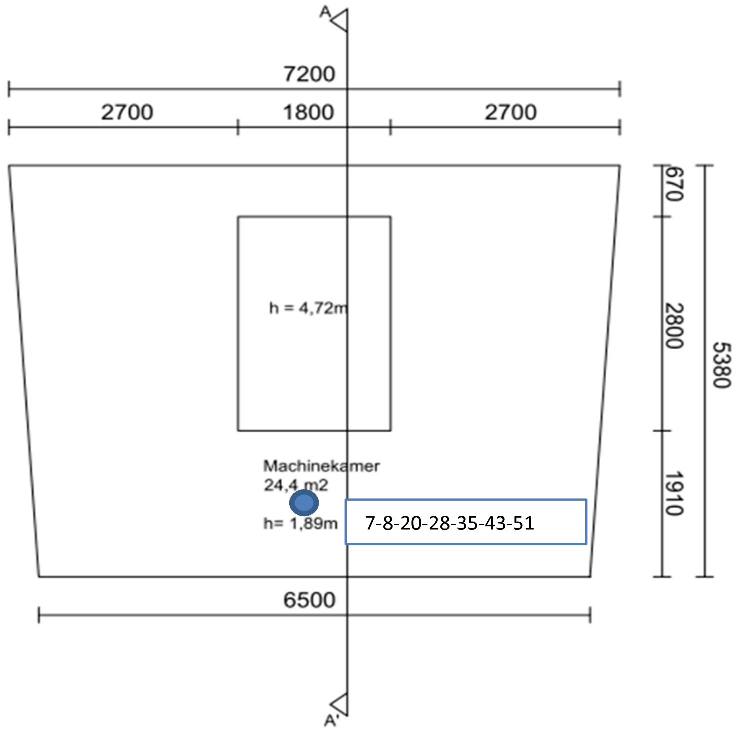
Project:	20140720
Schip:	Melvin
Type:	Dortmunder
Datum:	41932
Uitvoering:	NGE / LOT
Organisatie:	DPA-CH

Woon en slaapvertrekken



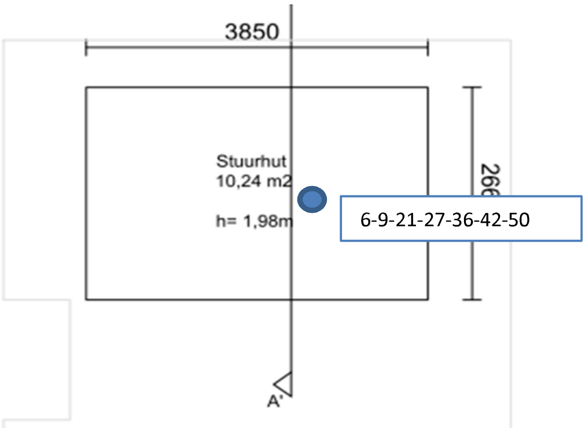
Machinekamer

Schip: Melvin



Stuurhut

Schip: Melvin



DPA CAUBERG-HUYGEN RAADGEVENDE INGENIEURS

Bepaling bronvermogen

Projectnummer: **20140720**
Schip: **Melvin**

Bronnummer:					**Bronnaam:**	**Uitlaat schoorsteen 85%**					
Bronhoogte	h_b: 1,77 m		Meetafstand:		r 0,525 m						
Meethoogte	h_o: 1,8 m										
Methode II.2	***halve bol***										
Frequentie	[Hz]	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Totaal
L_p	[dB(A)]	**68,1**	**72,7**	**76,0**	**77,1**	**79,2**	**83,7**	**81,1**	**78,0**	**70,5**	**88,0**
Correcties voor reflecties	[dB]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
D_{geo}	[dB]	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	
$a_{lu}R$	[dB]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Halve bol correctie	[dB]	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	
L_{WR}	**[dB(A)]**	**71,5**	**76,1**	**79,4**	**80,5**	**82,6**	**87,1**	**84,5**	**81,4**	**73,9**	**91,4**

Bronnummer:					**Bronnaam:**	**Uitlaat schoorsteen 25%**					
Bronhoogte	h_b: 1,77 m		Meetafstand:		r 0,525 m						
Meethoogte	h_o: 1,8 m										
Methode II.2	***halve bol***										
Frequentie	[Hz]	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Totaal
L_p	[dB(A)]	**55,9**	**58,7**	**57,5**	**62,0**	**65,7**	**72,3**	**69,1**	**62,9**	**55,8**	**75,4**
Correcties voor reflecties	[dB]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
D_{geo}	[dB]	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	
$a_{lu}R$	[dB]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Halve bol correctie	[dB]	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	
L_{WR}	**[dB(A)]**	**59,3**	**62,1**	**60,9**	**65,4**	**69,1**	**75,7**	**72,5**	**66,3**	**59,2**	**78,8**

DPA | CAUBERG-HUYGEN RAADGEVENDE INGENIEURS

Meetresultaten Bobo

Overzicht meetgegevens en beoordeling

Project: 20140720
Schip: Bobo
Type: Duwboot
Datum: 24-10-2014
Uitvoering: LOT/DHA
Organisatie: DPA-CH

Gemeten geluidniveaus LAeq [dB(A)] verschillende motorvermogens

Situatie	Machinekamer ruimte	Stuurhut roerganger	Woonkamer ruimte	Slaapkamer 1 kussen	Slaapkamer 1 ruimte	Slaapkamer 2 kussen	Slaapkamer 2 ruimte	Slaapkamer 3 kussen	slaapkamer 3 ruimte
95% MCR									
file	75	72	67	69	68	71	70	74	73
LAeq	108,7	68,8	73,9	76,2	73	75,9	75	79,8	80,9
85% MCR									
file	66	63	58	60	59	62	61	65	64
LAeq	108,4	67,2	73,8	74	70,5	75	73,9	79,2	80,2
55% MCR									
file	55	52	47	49	48	51	50	54	53
LAeq	106,2	64,9	72	72,4	68,8	72,1	71,1	77,6	77,6
25% MCR	1190 tt in plaats van 1203 (25%MCR) dit ivm trillingen								
file	46	43	38	40	39	42	41	45	44
LAeq	102,9	61,4	67,2	67,7	64,8	67,6	68,8	70,5	73,5
5% MCR									
file	37	34	29	31	30	33	32	36	35
LAeq	96,4	56,7	65,7	65,3	62,7	63,6	64,2	71,5	72,2

Beoordeling geluidniveaus LAeq [dB(A)]

Situatie	Machinekamer ruimte	Stuurhut roerganger	Woonkamer ruimte	Slaapkamer 1 kussen	Slaapkamer 1 ruimte	Slaapkamer 2 kussen	Slaapkamer 2 ruimte	Slaapkamer 3 kussen	slaapkamer 3 ruimte
95% MCR	-1,3	-1,2	3,9	16,2	13	15,9	15	19,8	20,9
85% MCR	-1,6	-2,8	3,8	14	10,5	15	13,9	19,2	20,2
55% MCR	-3,8	-5,1	2	12,4	8,8	12,1	11,1	17,6	17,6
25% MCR	-7,1	-8,6	-2,8	7,7	4,8	7,6	8,8	10,5	13,5
5% MCR	-13,6	-13,3	-4,3	5,3	2,7	3,6	4,2	11,5	12,2
Toetsing	110	70	70	60	60	60	60	60	60
grootste verschil	-1,3	-1,2	3,9	16,2	13	15,9	15	19,8	20,9

Schip: Bobo

Gemeten geluidniveaus LAeq [dB(A)] bijdrage motor

Situatie	Machinekamer ruimte	Stuurhut roerganger	Woonkamer ruimte	Slaapkamer 1 kussen	Slaapkamer 1 ruimte	Slaapkamer 2 kussen	Slaapkamer 2 ruimte	Slaapkamer 3 kussen	slaapkamer 3 ruimte
Achtergrond (motor uit)									
file	10	7	2	4	3	6	5	9	8
LAeq	53,4	32,2	37,9	31	35,1	27,2	30	35	33,9
Motor stationair (niet varen)									
file	19	16	11	13	12	15	14	18	17
LAeq	94,6	55,2	61,6	64	61	63,7	66,4	66,7	70,1
Motor 85% (niet varen)									
file	28	25	20	22	21	24	23	27	26
LAeq	103,8	64,4	71	72,9	69,8	72,4	71,6	75,5	76,7

Gemeten geluidniveau LAeq [dB(A)] uitlaat schoorsteen

Situatie	Diameter schoorsteen	Afstand (> 1,5 D)	Hbr	Hmic	LAeq	file
85% MCR	0,2	0,3	1,4	1,5	104	57
25% MCR	0,2	0,3	1,4	1,5	95,1	56

Bepaling en beoordeling MCR-mix

Project: 20140720
Schip: Bobo
Type: Duwboot
Datum: 24-10-2014
Uitvoering: LOT/DHA
Organisatie: DPA-CH

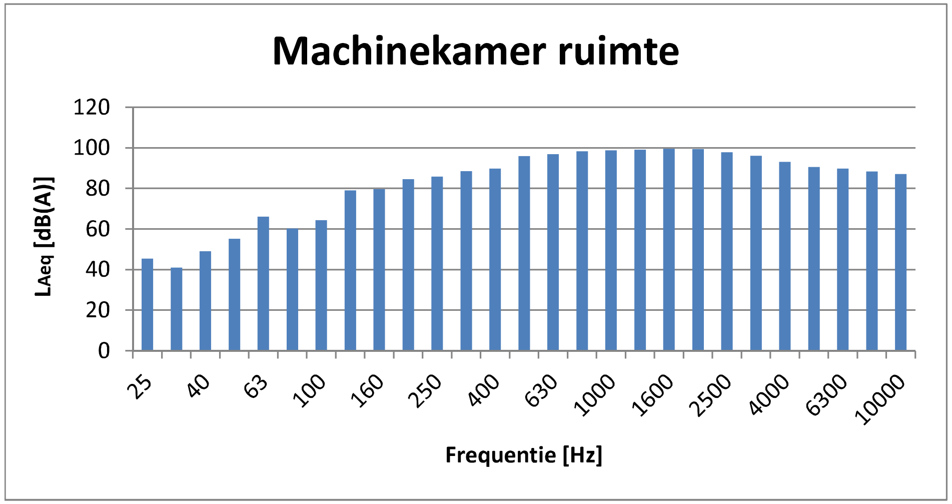
Situatie	Machinekamer ruimte	Stuurhut roerganger	Woonkamer ruimte	Slaapkamer 1 kussen	Slaapkamer 1 ruimte	Slaapkamer 2 kussen	Slaapkamer 2 ruimte	Slaapkamer 3 kussen	slaapkamer 3 ruimte
	105,0	63,6	70,1	70,5	67,2	70,7	70,5	75,0	76,2
Toetsing	110	70	70	60	60	60	60	60	60
Overschrijding	-5,0	-6,4	0,1	10,5	7,2	10,7	10,5	15,0	16,2

Meetgegevens spectraal

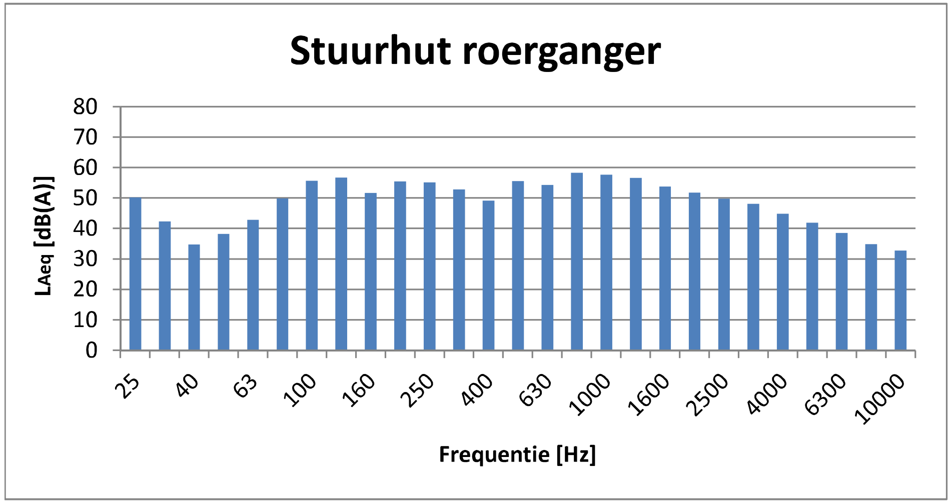
Project: 20140720
Schip: Bobo
Type: Duwboot
Datum: 24-10-2014
Uitvoering: LOT/DHA
Organisatie: DPA-CH

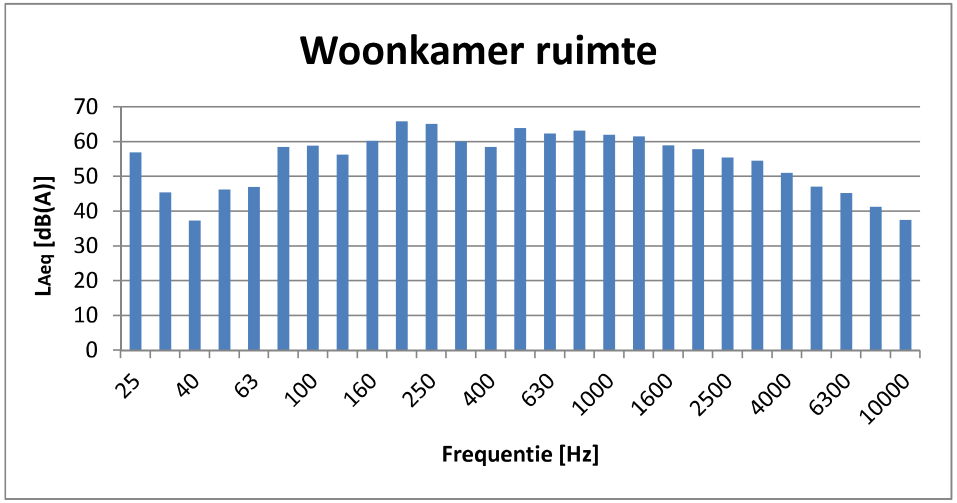
Gemeten geluidniveaus LAeq [dB(A)] bij 85% MCR

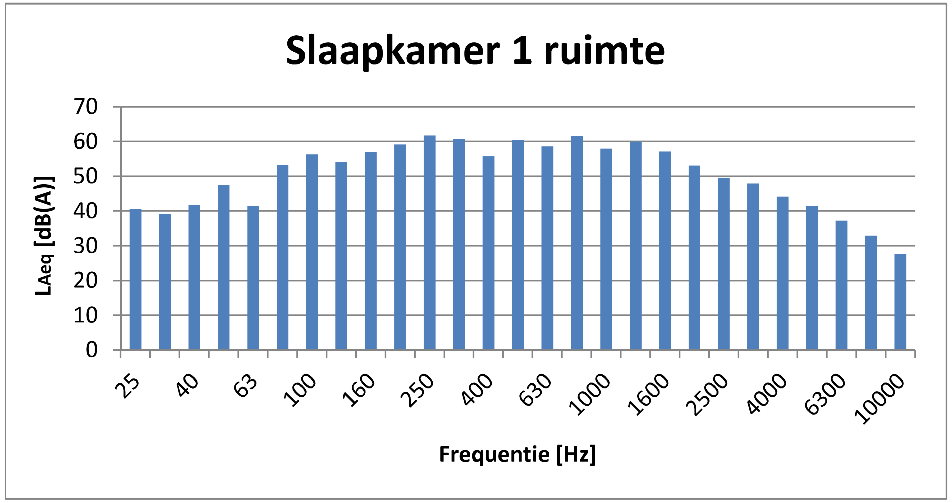
Situatie	Machinekamer ruimte	Stuurhut roerganger	Woonkamer ruimte	Slaapkamer 1 kussen	Slaapkamer 1 ruimte	Slaapkamer 2 kussen	Slaapkamer 2 ruimte	Slaapkamer 3 kussen	slaapkamer 3 ruimte
85% MCR									
file	66	63	58	60	59	62	61	65	64
LAeq	108,4	67,2	73,8	74	70,5	75	73,9	79,2	80,2

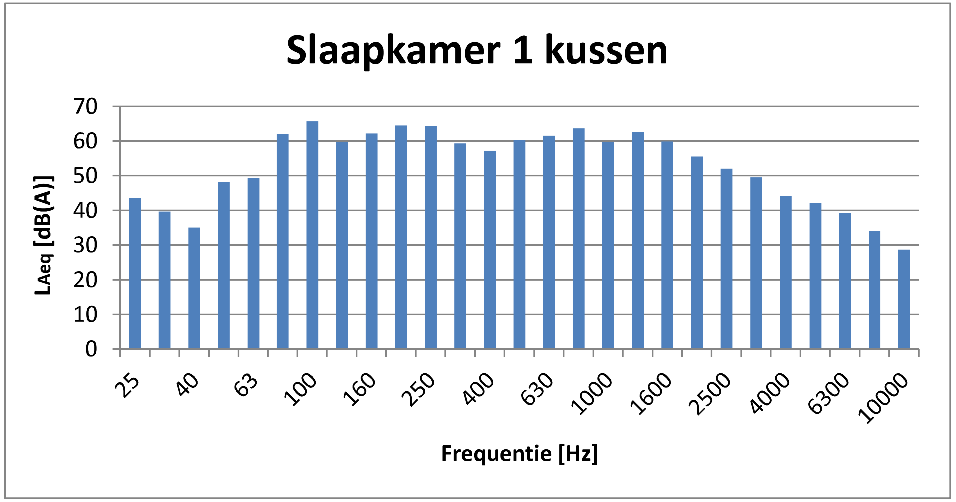


Schip: Bobo

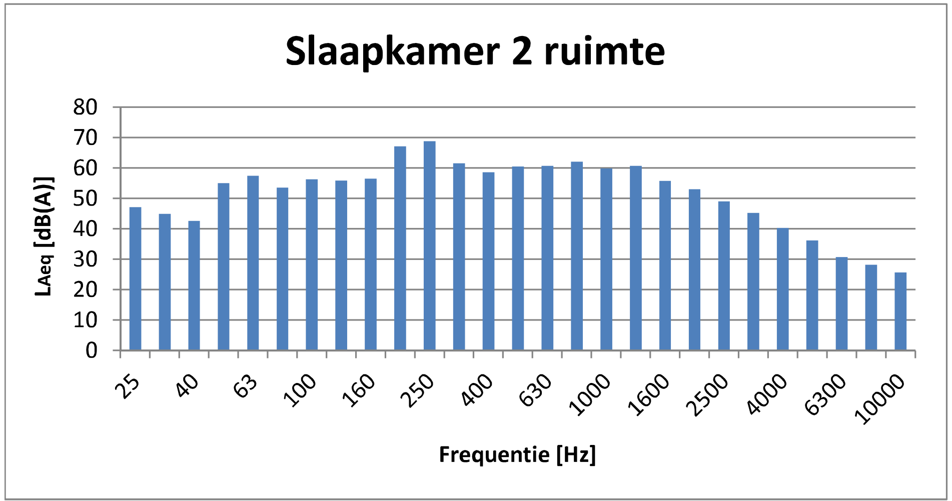

Stuurhut roerganger
80
70
60
50
40
30
20
10
0
LAeq [dB(A)]
25
40
63
100
160
250
400
630
1000
1600
2500
4000
6300
10000
Frequentie [Hz]


Woonkamer ruimte
70
60
50
40
30
20
10
0
LAeq [dB(A)]
25
40
63
100
160
250
400
630
1000
1600
2500
4000
6300
10000
Frequentie [Hz]

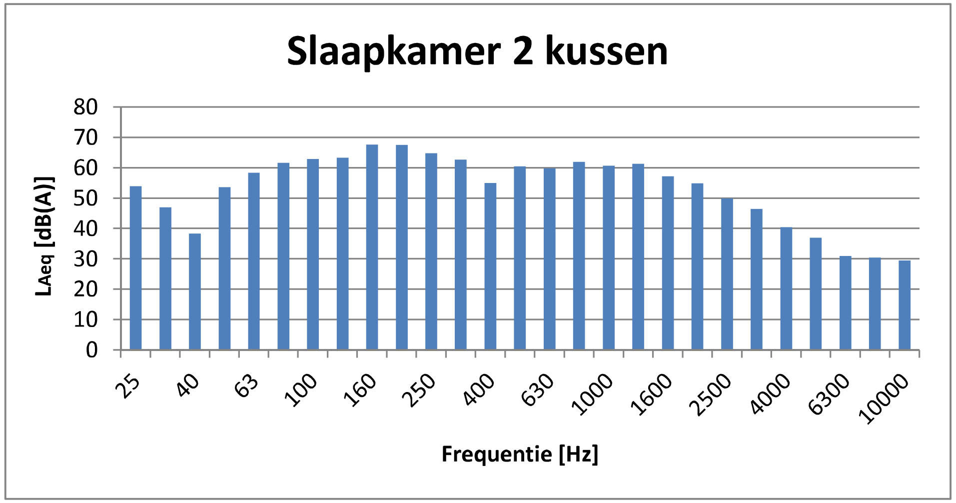

Slaapkamer 1 ruimte
70
60
50
40
30
20
10
0
LAeq [dB(A)]
25
40
63
100
160
250
400
630
1000
1600
2500
4000
6300
10000
Frequentie [Hz]


Slaapkamer 1 kussen
70
60
50
40
30
20
10
0
LAeq [dB(A)]
25
40
63
100
160
250
400
630
1000
1600
2500
4000
6300
10000
Frequentie [Hz]

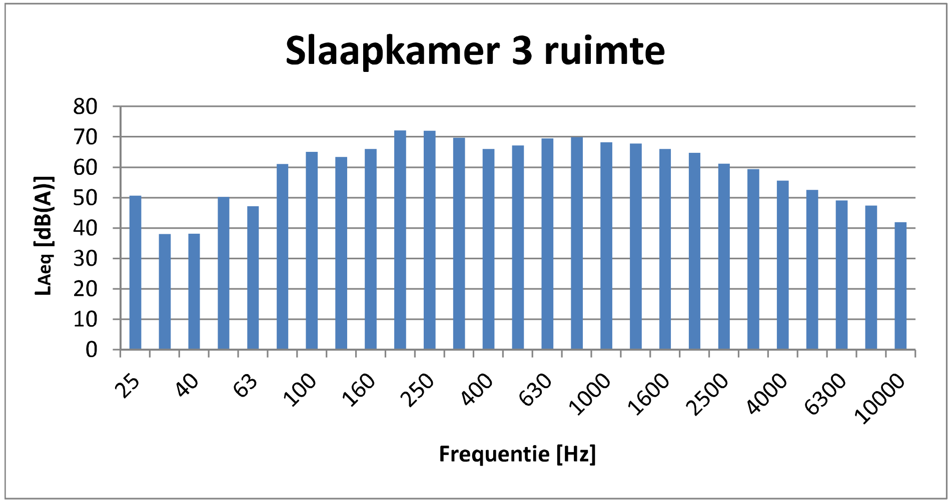
Schip: Bobo



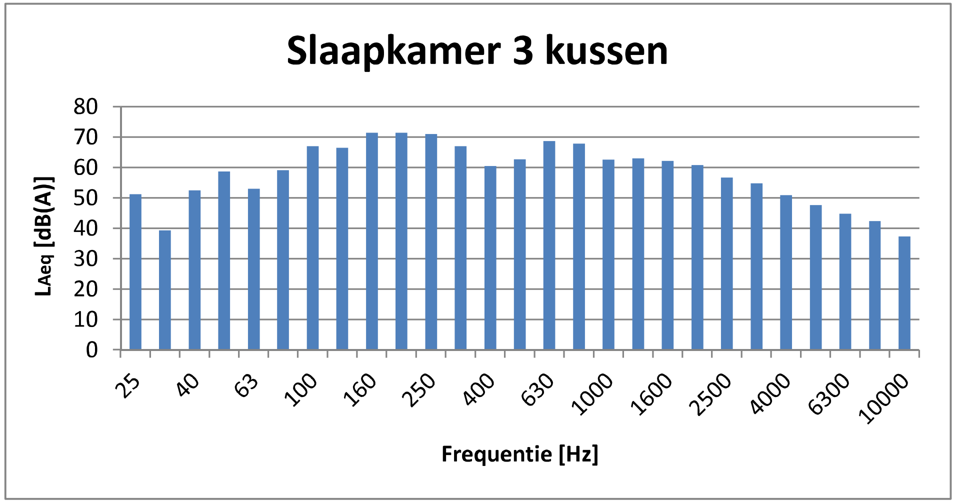
Slaapkamer 2 ruimte
LAeq [dB(A)]
Frequentie [Hz]



Slaapkamer 2 kussen
LAeq [dB(A)]
Frequentie [Hz]



Slaapkamer 3 ruimte
LAeq [dB(A)]
Frequentie [Hz]

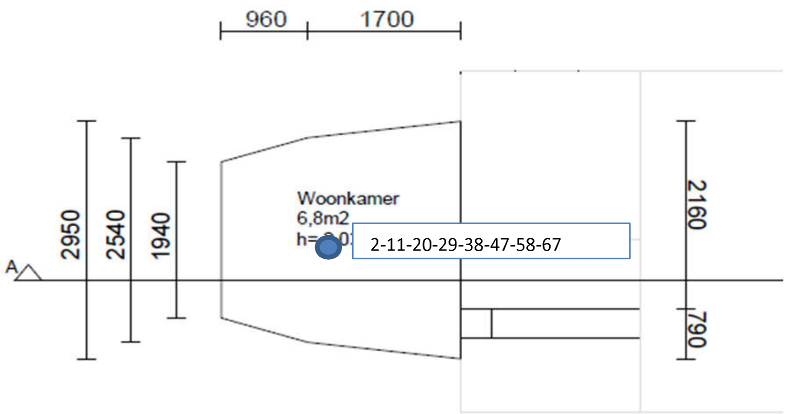


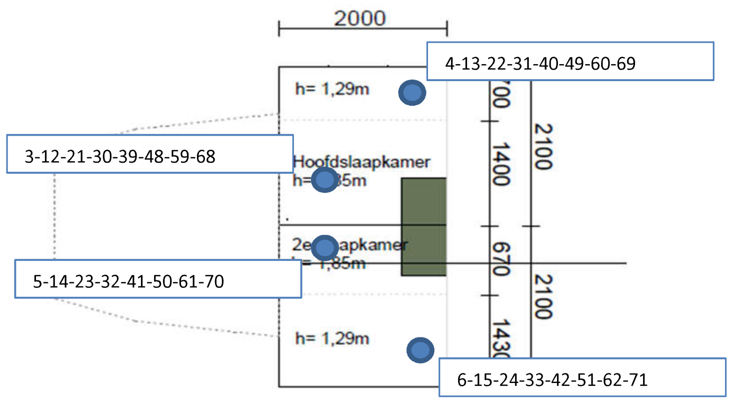
Slaapkamer 3 kussen
LAeq [dB(A)]
Frequentie [Hz]

Overzicht meetposities

Project:	20140720
Schip:	Bobo
Type:	Duwboot
Datum:	24-10-2014
Uitvoering:	LOT/DHA
Organisatie:	DPA-CH

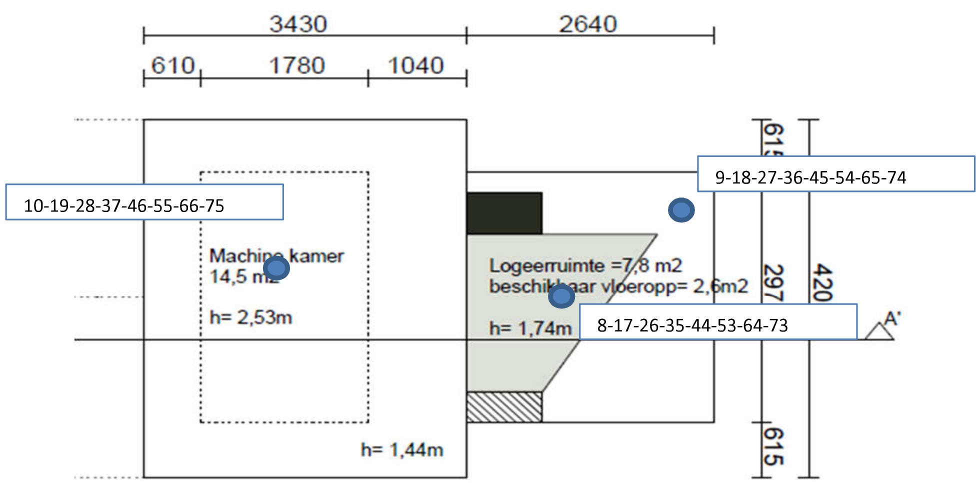
Woon en slaapvertrekken





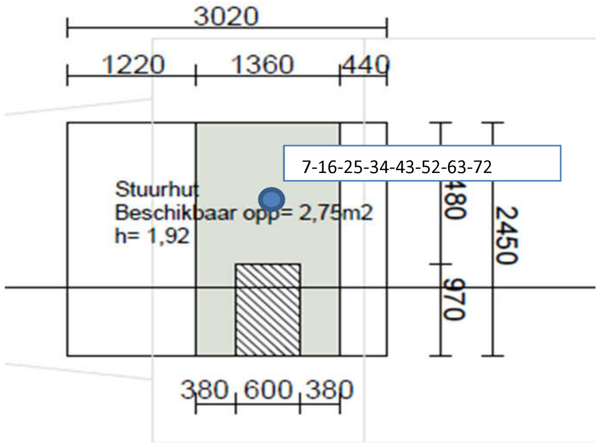
Machinekamer

Schip: Bobo



Stuurhut

Schip: Bobo



DPA | CAUBERG-HUYGEN RAADGEVENDE INGENIEURS

Bepaling bronvermogen

Projectnummer: **20140720**
Schip: **Bobo**

Bronnummer:					**Bronnaam:**	**Uitlaat schoorsteen 85%**					
Bronhoogte	h_b: 1,4 m		Meetafstand:		r 0,3 m						
Meethoogte	h_o: 1,5 m										
Methode II.2	***halve bol***										
Frequentie	[Hz]	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Totaal
L_p	[dB(A)]	**78,7**	**92,3**	**98,4**	**99,3**	**97,3**	**92,2**	**87,1**	**80,9**	**72,3**	**104,0**
Correcties voor reflecties	[dB]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
D_{geo}	[dB]	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	
$a_{lu}R$	[dB]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Halve bol correctie	[dB]	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	
L_{WR}	**[dB(A)]**	**77,2**	**90,8**	**96,9**	**97,8**	**95,8**	**90,7**	**85,6**	**79,4**	**70,8**	**102,5**

Bronnummer:					**Bronnaam:**	**Uitlaat schoorsteen 25%**					
Bronhoogte	h_b: 1,4 m		Meetafstand:		r 0,3 m						
Meethoogte	h_o: 1,5 m										
Methode II.2	***halve bol***										
Frequentie	[Hz]	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Totaal
L_p	[dB(A)]	**70,6**	**83,7**	**88,7**	**90,9**	**88,7**	**83,7**	**76,3**	**69,2**	**59,8**	**95,1**
Correcties voor reflecties	[dB]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
D_{geo}	[dB]	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	
$a_{lu}R$	[dB]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Halve bol correctie	[dB]	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	
L_{WR}	**[dB(A)]**	**69,1**	**82,2**	**87,2**	**89,4**	**87,2**	**82,2**	**74,8**	**67,7**	**58,3**	**93,6**

DPA CAUBERG-HUYGEN
RAADGEVENDE INGENIEURS

Meetresultaten Kreeft

Overzicht meetgegevens en beoordeling

Machinekamer voor tbv hydraulische motoren activiteiten



Project: 20140720
Schip: Kreeft
Type: Kraanschip
Datum: 27-10-2014
Uitvoering: NGE
Organisatie: DPA-CH

Gemeten geluidniveaus LAeq [dB(A)] verschillende motorvermogens

Situatie	Machinekamer ruimte	Machinekamer voor	Stuurhut roerganger	Woonkamer ruimte	Slaapkamer 1 kussen	Slaapkamer 1 ruimte	Slaapkamer 2 kussen	Slaapkamer 2 ruimte	Slaapkamer 3 kussen	Slaapkamer 3 ruimte
circa 95% MCR (toerental 1780 tpm)										
file	26	29	24	22	19	18	21	20	28	27
LAeq	103,8	92,8	64,5	72,9	71,4	69,1	69,5	68,2	74,1	73

Beoordeling geluidniveaus LAeq [dB(A)]

Situatie	Machinekamer ruimte	Machinekamer voor	Stuurhut roerganger	Woonkamer ruimte	Slaapkamer 1 kussen	Slaapkamer 1 ruimte	Slaapkamer 2 kussen	Slaapkamer 2 ruimte	Slaapkamer 3 kussen	Slaapkamer 3 ruimte
circa 95% MCR (toerental 1780 tpm)	-6,2	-17,2	-5,5	2,9	11,4	9,1	9,5	8,2	14,1	13
Toetsing	110	110	70	70	60	60	60	60	60	60
grootste verschil	-6,2	-17,2	-5,5	2,9	11,4	9,1	9,5	8,2	14,1	13

Gemeten geluidniveaus LAeq [dB(A)] bijdrage motor

Situatie	Machinekamer ruimte	Machinekamer voor	Stuurhut roerganger	Woonkamer ruimte	Slaapkamer 1 kussen	Slaapkamer 1 ruimte	Slaapkamer 2 kussen	Slaapkamer 2 ruimte	Slaapkamer 3 kussen	Slaapkamer 3 ruimte
Achtergrond (motor uit, activiteit kranen)			(airco aan)							
file	--	--	17	15	--	12	--	13	--	16
LAeq	--	--	52,2	52,1	--	53,7	--	50,6	--	51,9
Motor stationair (niet varen, toerental = 600 tpm)										
file	9	10	7	6	2	1	8	3	5	4
LAeq	95,9	92,6	50,1	63,2	59	58,7	57,7	57,2	61	62

Gemeten geluidniveau LAeq [dB(A)] uitlaat schoorsteen

Situatie	Rooster afmetingen	Afstand (> 1,5 D)	Hbr	Hmic	LAeq	file
stationair, niet varen, toerental = 600 tpm	0,6 x 0,57	0,9	1,5	1,55	68,5	11
circa 95% MCR (toerental 1780 tpm)	0,6 x 0,57	0,9	1,5	1,55	87,9	23
Situatie	**Uitlaat diameter**	**Afstand (> 1,5 D)**	**Hbr**	**Hmic**	**LAeq**	**file**
circa 95% MCR (toerental 1780 tpm)	0,15	0,225	2,45	2,5	106,2	25

Rooster





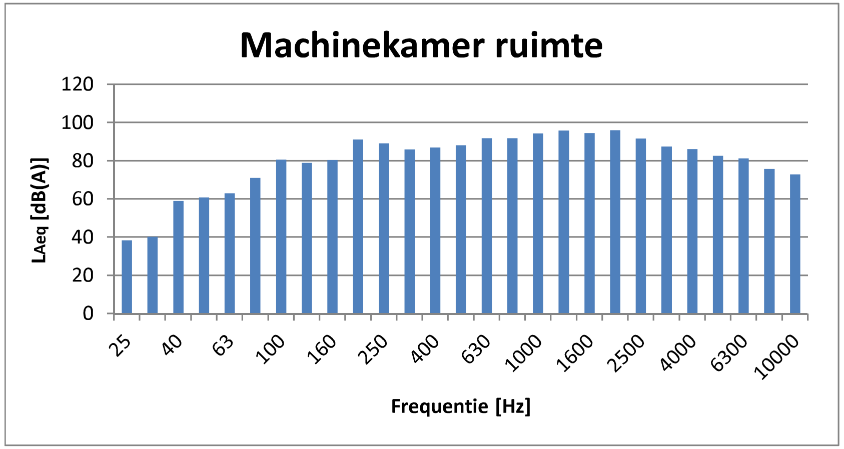
uitlaat

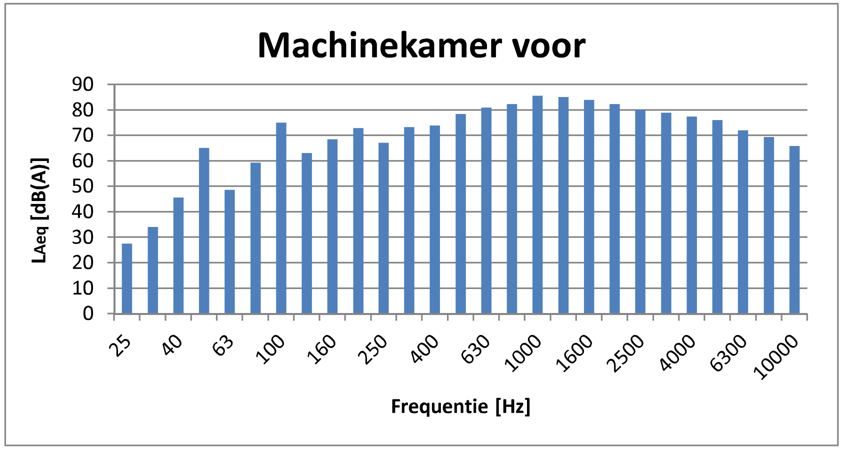
Meetgegevens spectraal

Project:	20140720
Schip:	Kreeft
Type:	Kraanschip
Datum:	27-10-2014
Uitvoering:	NGE
Organisatie:	DPA-CH

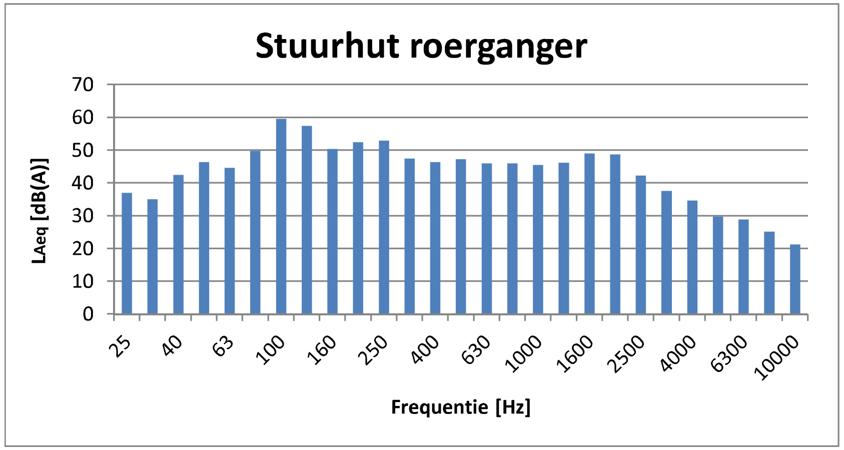
Gemeten geluidniveaus LAeq [dB(A)] bij circa 95% MCR

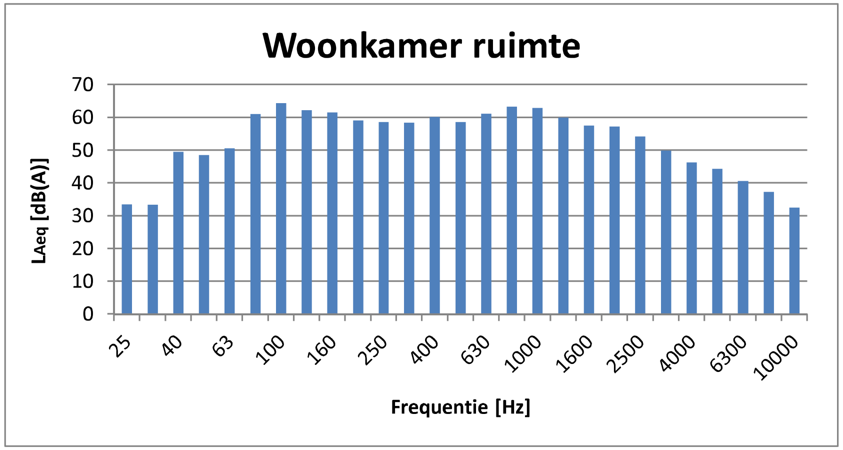
Situatie	Machinekamer ruimte	Machinekamer voor	Stuurhut roerganger	Woonkamer ruimte	Slaapkamer 1 kussen	Slaapkamer 1 ruimte	Slaapkamer 2 kussen	Slaapkamer 2 ruimte	Slaapkamer 3 kussen	Slaapkamer 3 ruimte
circa 95% MCR (toerental 1780 tpm)										
file	26	29	24	22	19	18	21	20	28	27
LAeq	103,8	92,8	64,5	72,9	71,4	69,1	69,5	68,2	74,1	73

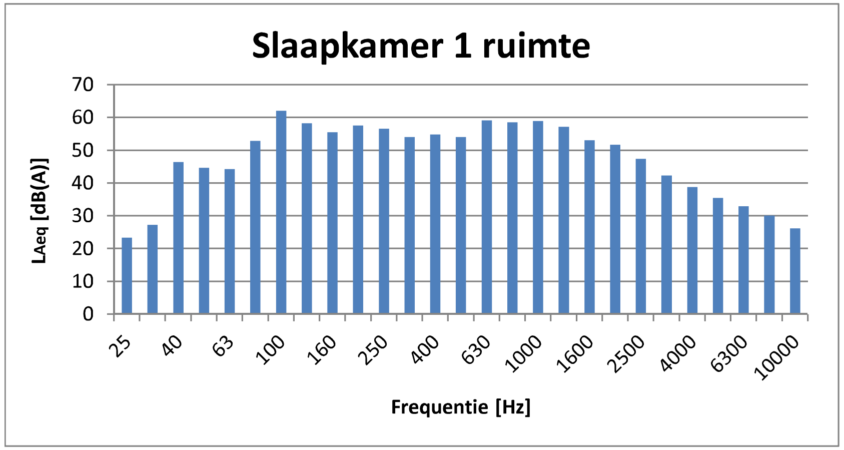


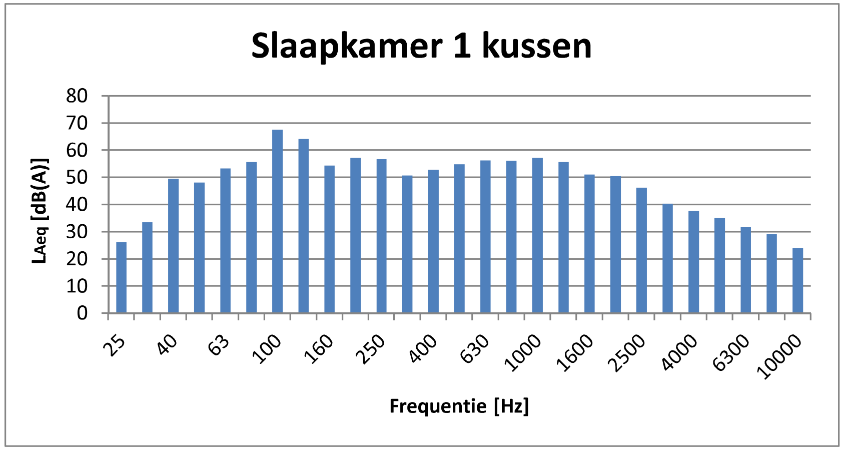


Schip: Kreeft

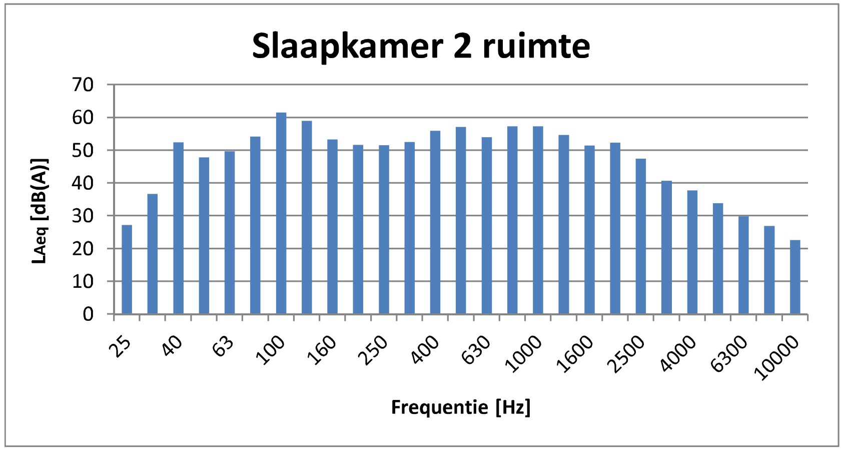


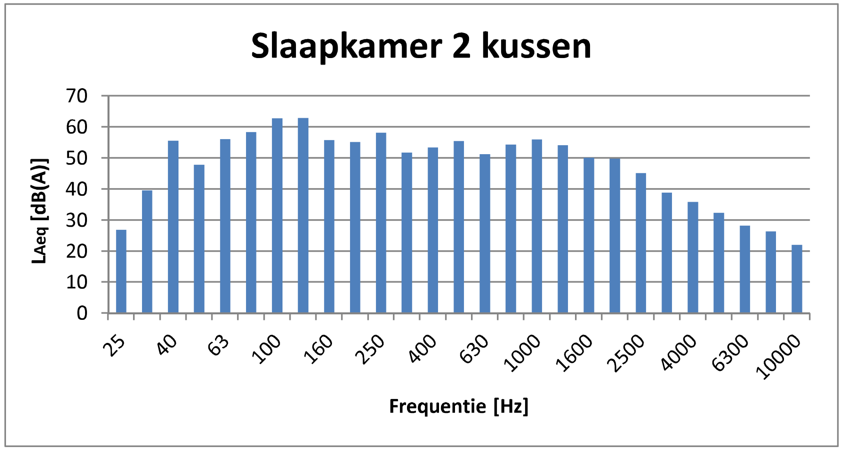


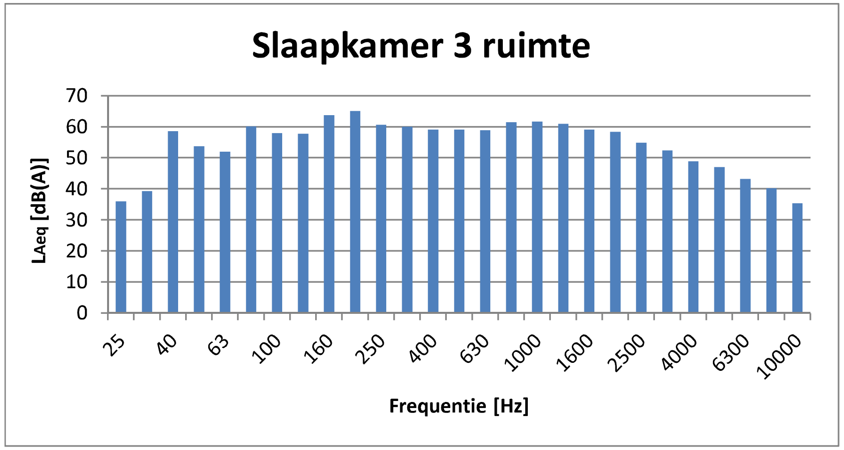


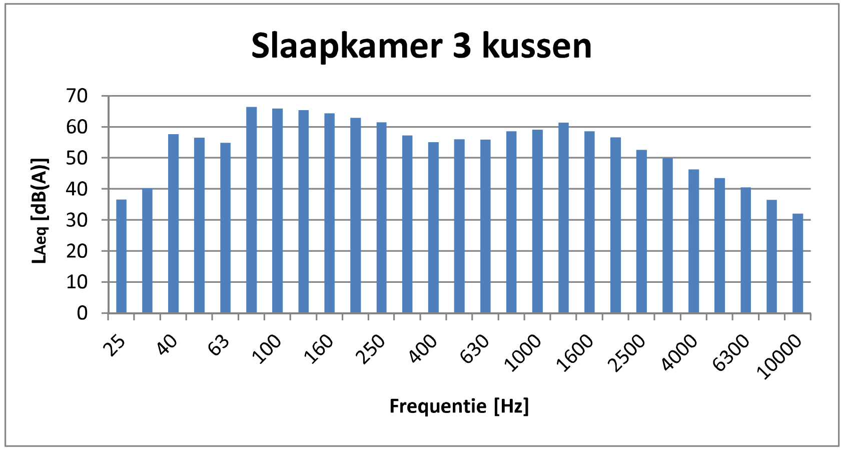


Schip: Kreeft





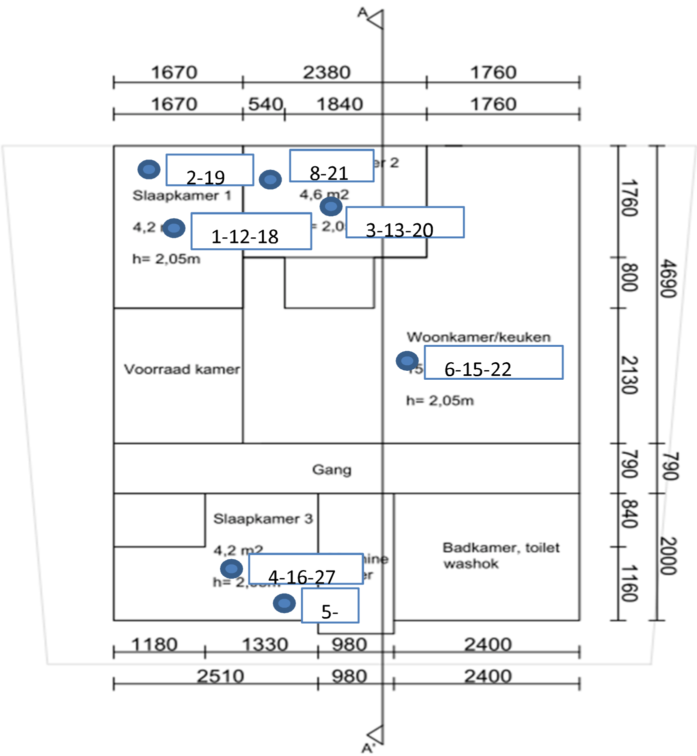




Overzicht meetposities

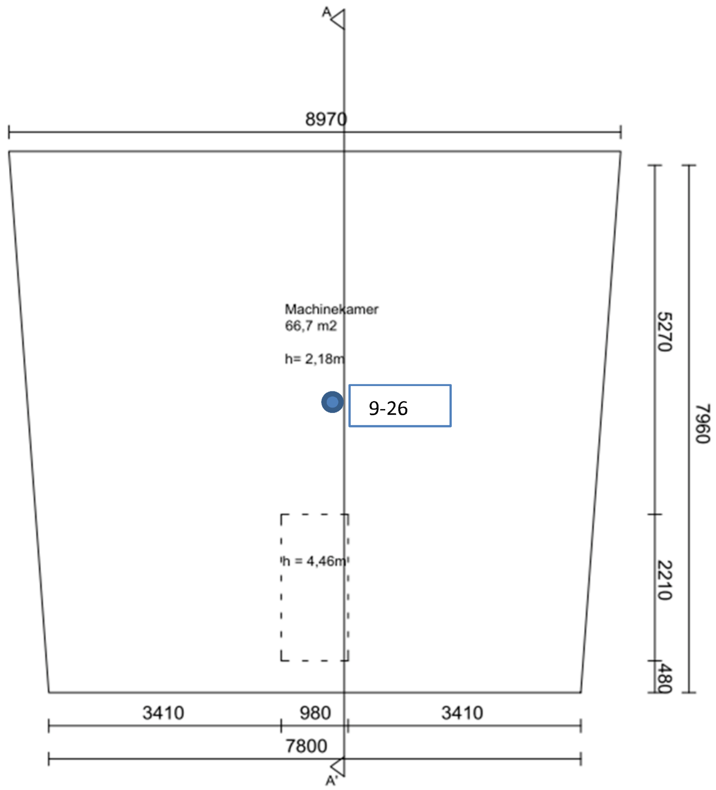
Project:	20140720
Schip:	Kreeft
Type:	Kraanschip
Datum:	27-10-2014
Uitvoering:	NGE
Organisatie:	DPA-CH

Woon en slaapvertrekken



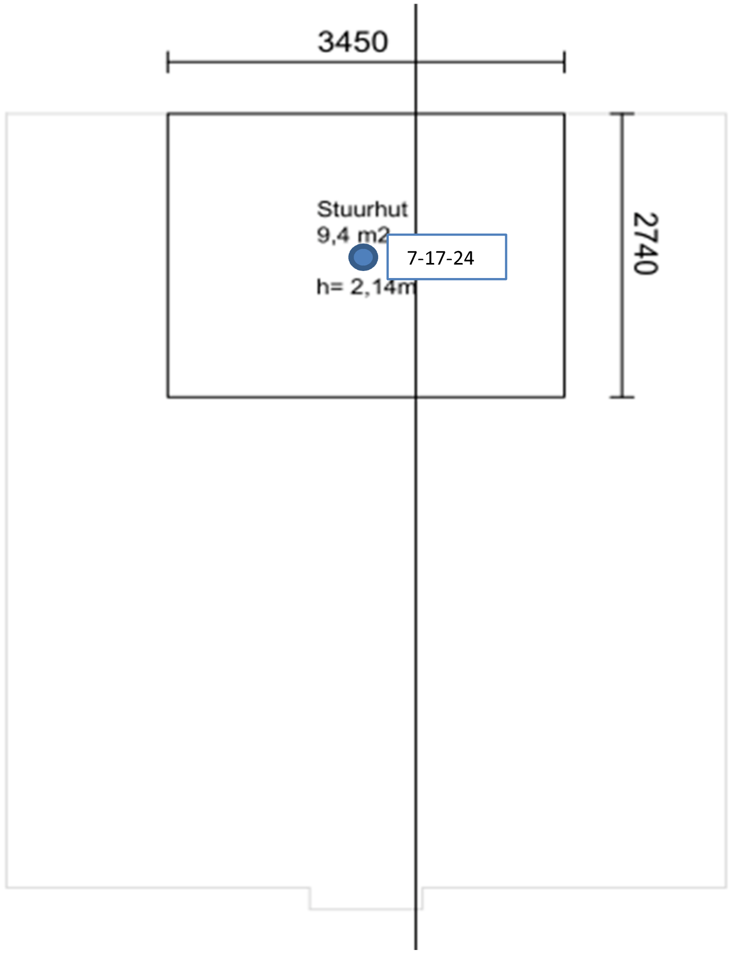
Machinekamer

Schip: Kreeft



Stuurhut

Schip: Kreeft



DPA CAUBERG-HUYGEN RAADGEVENDE INGENIEURS

Bepaling bronvermogen

Projectnummer: **20140720**
Schip: **Kreeft**

Bronnummer:					**Bronnaam:**	**Uitlaat schoorsteen**						
Bronhoogte	h_b:	2,45	m	Meetafstand:	r	0,225	m					
Meethoogte	h_o:	2,5	m									
Methode II.2		***halve bol***										
Frequentie			[Hz]	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Totaal
L_p			[dB(A)]	**75,0**	**81,1**	**100,2**	**86,7**	**89,2**	**92,2**	**104,2**	**87,7**	**69,4**	**106,1**
Correcties voor reflecties			[dB]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
D_{geo}			[dB]	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	
$a_{lu}R$			[dB]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Halve bol correctie			[dB]	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	
L_{WR}			**[dB(A)]**	**71,0**	**77,1**	**96,2**	**82,7**	**85,2**	**88,2**	**100,2**	**83,7**	**65,4**	**102,1**

Bronnummer:					**Bronnaam:**	**Rooster stationair**						
Bronhoogte	h_b:	1,5	m	Meetafstand:	r	0,9	m					
Meethoogte	h_o:	1,55	m									
Methode II.2		***halve bol***										
Frequentie			[Hz]	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Totaal
L_p			[dB(A)]	**47,5**	**54,5**	**53,8**	**62,2**	**62,2**	**63,2**	**59,2**	**51,1**	**33,9**	**68,4**
Correcties voor reflecties			[dB]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
D_{geo}			[dB]	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	
$a_{lu}R$			[dB]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Halve bol correctie			[dB]	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	
L_{WR}			**[dB(A)]**	**55,6**	**62,6**	**61,9**	**70,3**	**70,3**	**71,3**	**67,3**	**59,2**	**42,0**	**76,5**

Schip: **Kreeft**

Bronnummer:					**Bronnaam:**		**Rooster 95% MCR**					
Bronhoogte	h_b:	1,5	m	Meetafstand:	r	0,9	m					
Meethoogte	h_o:	1,55	m									
Methode II.2		***halve bol***										
Frequentie			[Hz]	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Totaal
L_p			[dB(A)]	**53,8**	**63,7**	**84,8**	**76,4**	**74,1**	**76,1**	**81,2**	**72,4**	**66,0**	**87,5**
Correcties voor reflecties			[dB]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
D_{geo}			[dB]	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	
$a_{lu}R$			[dB]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Halve bol correctie			[dB]	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	
L_{WR}			**[dB(A)]**	**61,9**	**71,8**	**92,9**	**84,5**	**82,2**	**84,2**	**89,3**	**80,5**	**74,1**	**95,6**

DPA | CAUBERG-HUYGEN
RAADGEVENDE INGENIEURS

Meetresultaten Virginia

DPA | CAUBERG-HUYGEN RAADGEVENDE INGENIEURS

Overzicht meetgegevens en beoordeling

Project: 20140720
Schip: Virginia
Type: Passagiersschip
Datum: 26-11-2014
Uitvoering: LOT
Organisatie: DPA-CH

Gemeten geluidniveaus LAeq [dB(A)] verschillende motorvermogens

Situatie	Machinekamer ruimte	Machine kamer midden	Stuurhut roerganger	Woonkamer ruimte	Slaapkamer 1 kussen	Slaapkamer 1 ruimte	Slaapkamer 2 kussen	Slaapkamer 2 ruimte	Slaapkamer 3 kussen	slaapkamer 3 ruimte	Slaapkamer 4 kussen	Slaapkamer 4 ruimte	Slaapkamer 5 kussen	Slaapkamer 5 ruimte	Slaapkamer 6 kussen	slaapkamer 6 ruimte	Kamer kapitein kussen	Kamer kapitein ruimte	Kamer 222 kussen	Kamer 222 ruimte	kamer 220	Kamer 218
95% MCR																						
file	60	61	81	64	62	63	65	66	67	68	71	72	79	80	73	74	69	70	75	76	77	78
LAeq	102,9	97,2	51,4	75,2	61,3	65,6	70,3	71,1	64,4	64,7	70,5	72,4	73,1	66,8	69,1	64,8	61,5	59,3	63,8	61,7	57,6	54
85% MCR																						
file	98	99	105	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	102	103	100	101
LAeq	101,6	96,1	48,1	71,53	58,8	62,2	69,2	71,5	62,3	64,4	70	72,5	68,2	66,4	64,2	63,7	58	57,8	62,8	61,2	56,9	53,9
55% MCR																						
file	55	56	57	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	58	59	51	51	53	54
LAeq	100,7	94,6	50,3	72	57,7	58,5	69,5	71,5	63,5	63,6	69,8	71,5	66,1	66,2	67,1	63,5	57,2	57	60,4	60,8	55,4	52,3
25% MCR																						
file	*	*	*	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	*	*	*	*	*	*
LAeq	97,96	91,86	47,56	68,6	57,4	56,9	68	69,4	59,2	60	65,6	67	65,3	65,2	60,9	61,4	54,46	54,26	57,66	58,06	52,66	49,56
5% MCR	Niet mogelijk																					
file	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
LAeq	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

*bepaald uit gemiddelde afname van 55% naar 25%

Beoordeling geluidniveaus LAeq [dB(A)]

Situatie	Machinekamer ruimte	Machine kamer midden	Stuurhut roerganger	Woonkamer ruimte	Slaapkamer 1 kussen	Slaapkamer 1 ruimte	Slaapkamer 2 kussen	Slaapkamer 2 ruimte	Slaapkamer 3 kussen	slaapkamer 3 ruimte	Slaapkamer 4 kussen	Slaapkamer 4 ruimte	Slaapkamer 5 kussen	Slaapkamer 5 ruimte	Slaapkamer 6 kussen	slaapkamer 6 ruimte	Kamer kapitein kussen	Kamer kapitein ruimte	Kamer 222 kussen	Kamer 222 ruimte	kamer 220	Kamer 218
95% MCR	-7,1	-12,8	-18,6	5,2	1,3	5,6	10,3	11,1	4,4	4,7	10,5	12,4	13,1	6,8	9,1	4,8	1,5	-0,7	3,8	1,7	-2,4	-6
85% MCR	-8,4	-13,9	-21,9	1,53	-1,2	2,2	9,2	11,5	2,3	4,4	10	12,5	8,2	6,4	4,2	3,7	-2	-2,2	2,8	1,2	-3,1	-6,1
55% MCR	-9,3	-15,4	-19,7	2	-2,3	-1,5	9,5	11,5	3,5	3,6	9,8	11,5	6,1	6,2	7,1	3,5	-2,8	-3	0,4	0,8	-4,6	-7,7
25% MCR	-12,04	-18,14	-22,44	-1,4	-2,6	-3,1	8	9,4	-0,8	0	5,6	7	5,3	5,2	0,9	1,4	-5,54	-5,74	-2,34	-1,94	-7,34	-10,44
5% MCR	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Toetsing	110	110	70	70	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
grootste verschil	-7,1	-12,8	-18,6	5,2	1,3	5,6	10,3	11,5	4,4	4,7	10,5	12,5	13,1	6,8	9,1	4,8	1,5	-0,7	3,8	1,7	-2,4	-6

Gemeten geluidniveaus LAeq [dB(A)] bijdrage motor

Situatie	Machinekamer ruimte	Machine kamer midden	Stuurhut roerganger	Woonkamer ruimte	Slaapkamer 1 kussen	Slaapkamer 1 ruimte	Slaapkamer 2 kussen	Slaapkamer 2 ruimte	Slaapkamer 3 kussen	slaapkamer 3 ruimte	Slaapkamer 4 kussen	Slaapkamer 4 ruimte	Slaapkamer 5 kussen	Slaapkamer 5 ruimte	Slaapkamer 6 kussen	slaapkamer 6 ruimte	Kamer kapitein kussen	Kamer kapitein ruimte	Kamer 222 kussen	Kamer 222 ruimte
Achtergrond (motor uit)																				
file	16	17	18	1	6	7	2	3	4	5	8	9	10	11	12	13	--	--	14	15
LAeq	74,2	71	47,23	49,57	43,3	42,5	49,6	56	48	53,8	49,6	56,2	49	49,8	45,9	42,6	--	--	47,4	47,2
Motor stationair (niet varen)																				
file	35	36	37	19	24	25	20	21	22	23	26	27	28	29	30	31	--	--	32	33
LAeq	89,07	84,4	47,8	61,33	48,3	49,22	55,2	59,2	50,2	53,2	57,2	60,6	58,1	59,2	54,2	55,3	--	--	49,5	50,3
Motor 85% (niet varen)	Niet mogelijk																			
file	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
LAeq	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Gemeten geluidniveau LAeq [dB(A)] uitlaat schoorsteen

Situatie	Diameter schoorsteen	Afstand (> 1,5 D)	Hbr	Hmic	LAeq	file
85% MCR	0,35	0,55	0,675	0,925	96	104
25% MCR	0,35	0,55	0,675	0,925	77	119

DPA CAUBERG-HUYGEN RAADGEVENDE INGENIEURS

Bepaling en beoordeling MCR-mix

Project: 20140720
Schip: Virginia
Type: Passagiersschip
Datum: 26-11-2014
Uitvoering: LOT
Organisatie: DPA-CH

Situatie	Machinekamer ruimte	Machine kamer midden	Stuurhut roerganger	Woonkamer ruimte	Slaapkamer 1 kussen	Slaapkamer 1 ruimte	Slaapkamer 2 kussen	Slaapkamer 2 ruimte	Slaapkamer 3 kussen	slaapkamer 3 ruimte	Slaapkamer 4 kussen	Slaapkamer 4 ruimte	Slaapkamer 5 kussen	Slaapkamer 5 ruimte	Slaapkamer 6 kussen	slaapkamer 6 ruimte	Kamer kapitein kussen	Kamer kapitein ruimte	Kamer 222 kussen	Kamer 222 ruimte	kamer 220	Kamer 218
	99,4	93,4	48,4	70,1	57,7	58,5	68,6	70,3	61,1	61,9	67,7	69,5	66,0	65,6	63,7	62,3	55,9	55,7	59,5	59,4	54,2	51,2
Toetsing	110	110	70	70	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
Overschrijding	-10,6	-16,6	-21,6	0,1	-2,3	-1,5	8,6	10,3	1,1	1,9	7,7	9,5	6,0	5,6	3,7	2,3	-4,1	-4,3	-0,5	-0,6	-5,8	-8,8

DPA CAUBERG-HUYGEN RAADGEVENDE INGENIEURS

Meetgegevens spectraal

Project: 20140720
Schip: Virginia
Type: Passagiersschip
Datum: 26-11-2014
Uitvoering: LOT
Organisatie: DPA-CH

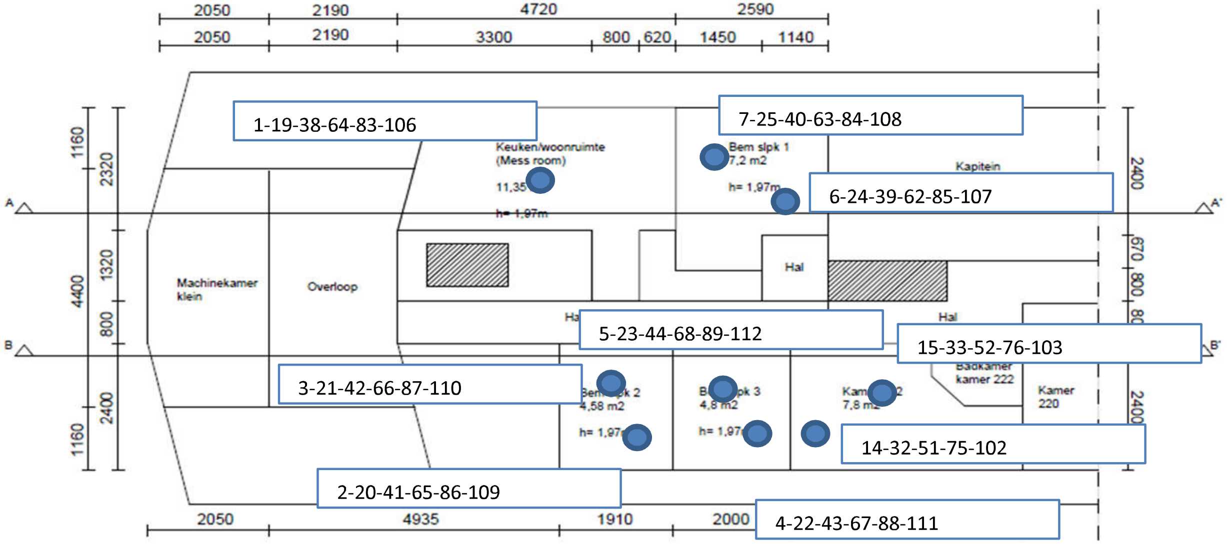
Gemeten geluidniveaus LAeq [dB(A)] bij 85% MCR

Situatie	Machinekamer ruimte	Machine kamer midden	Stuurhut roerganger	Woonkamer ruimte	Slaapkamer 1 kussen	Slaapkamer 1 ruimte	Slaapkamer 2 kussen	Slaapkamer 2 ruimte	Slaapkamer 3 kussen	slaapkamer 3 ruimte	Slaapkamer 4 kussen	Slaapkamer 4 ruimte	Slaapkamer 5 kussen	Slaapkamer 5 ruimte	Slaapkamer 6 kussen	slaapkamer 6 ruimte	Kamer kapitein kussen	Kamer kapitein ruimte	Kamer 222 kussen	Kamer 222 ruimte	kamer 220	Kamer 218
85% MCR																						
file	98	99	105	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	102	103	100	101
LAeq	101,6	96,1	48,1	71,53	58,8	62,2	69,2	71,5	62,3	64,4	70	72,5	68,2	66,4	64,2	63,7	58	57,8	62,8	61,2	56,9	53,9

Overzicht meetposities

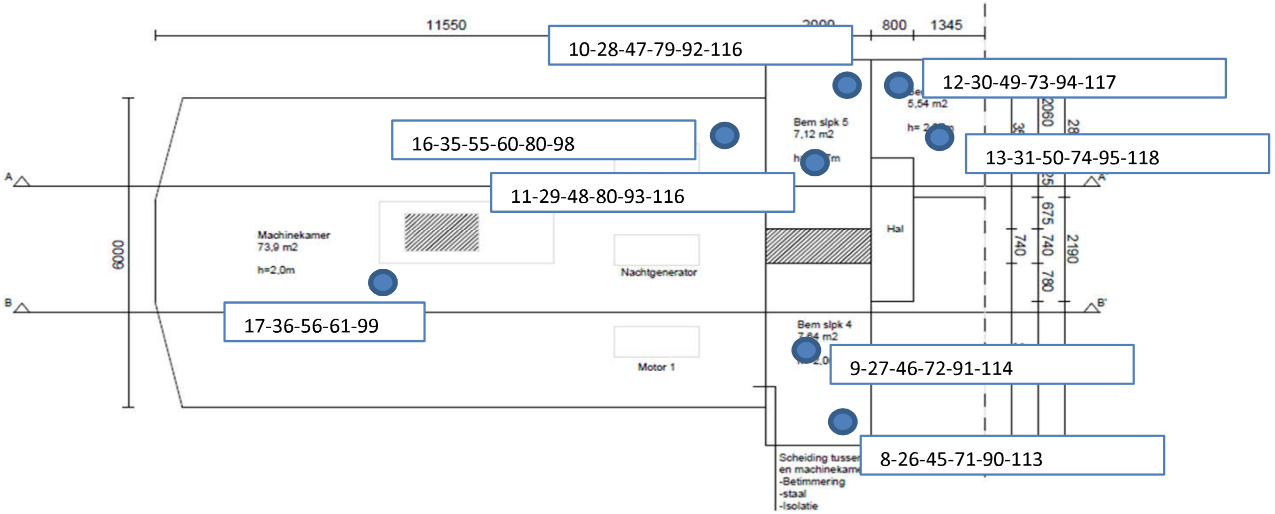
Project: 20140720
Schip: Virginia
Type: Passagiersschip
Datum: 26-11-2014
Uitvoering: LOT
Organisatie: DPA-CH

Woon en slaapvertrekken



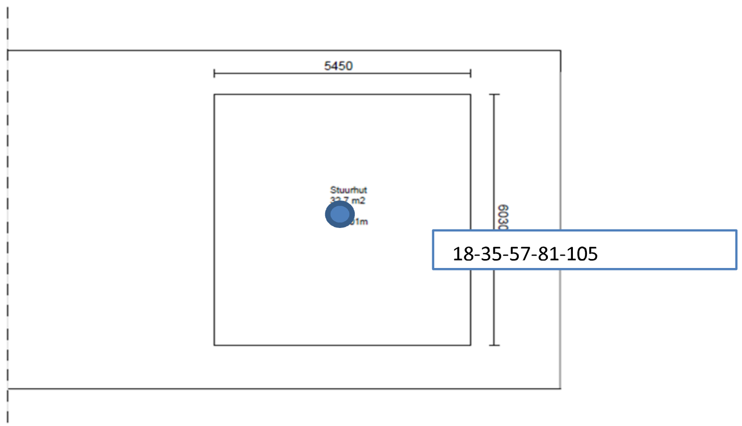
Machinekamer

Schip: Virginia



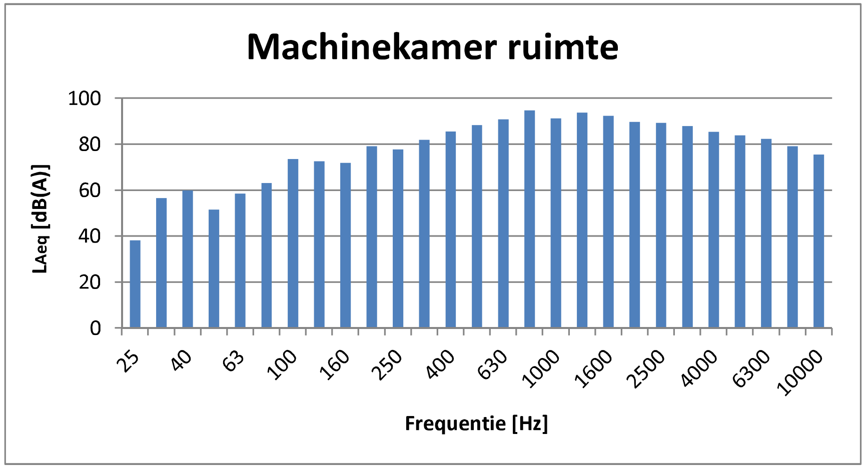
Stuurhut

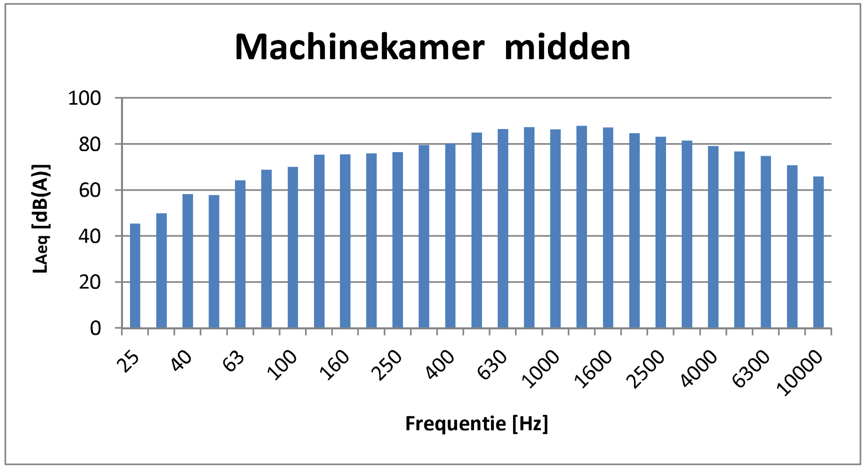
Schip: Virginia

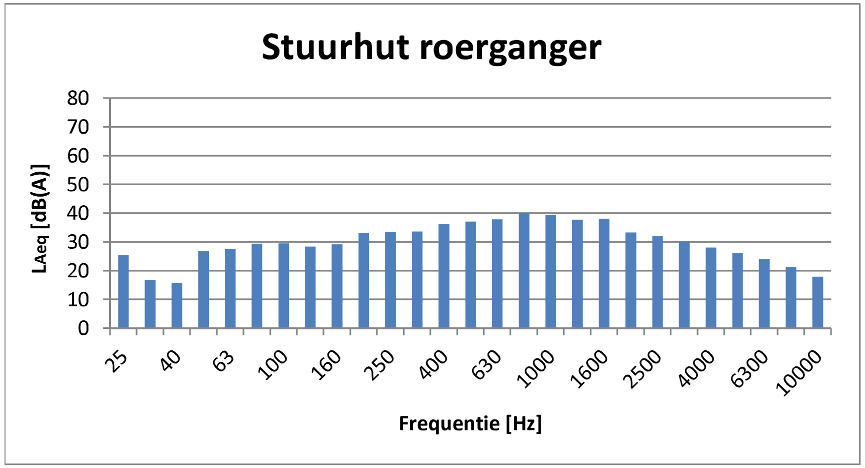


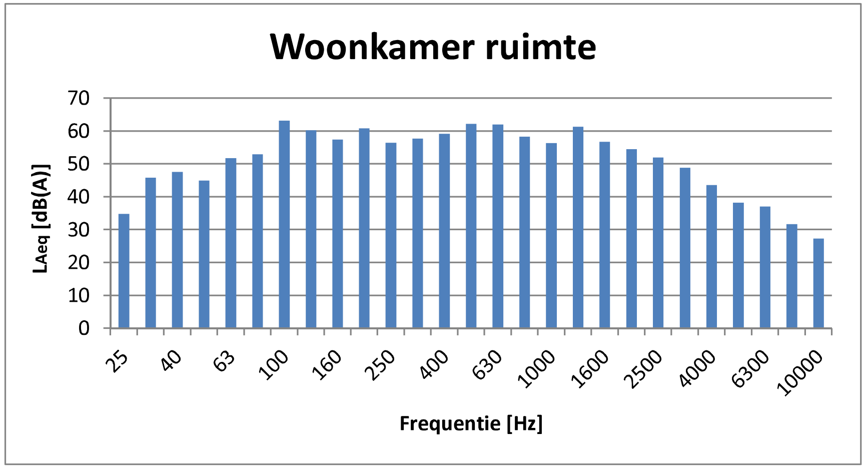
Meetgegevens spectraal

Project:	20140720
Schip:	Virginia
Type:	Passagiersschip
Datum:	26-11-2014
Uitvoering:	LOT
Organisatie:	DPA-CH

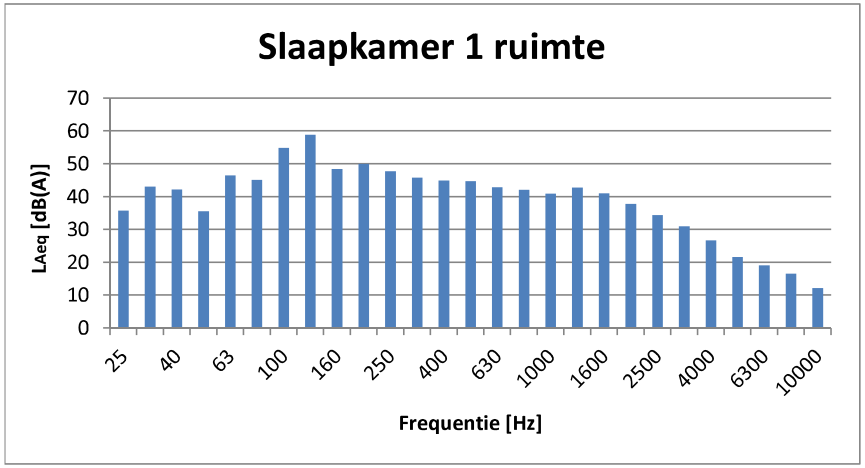


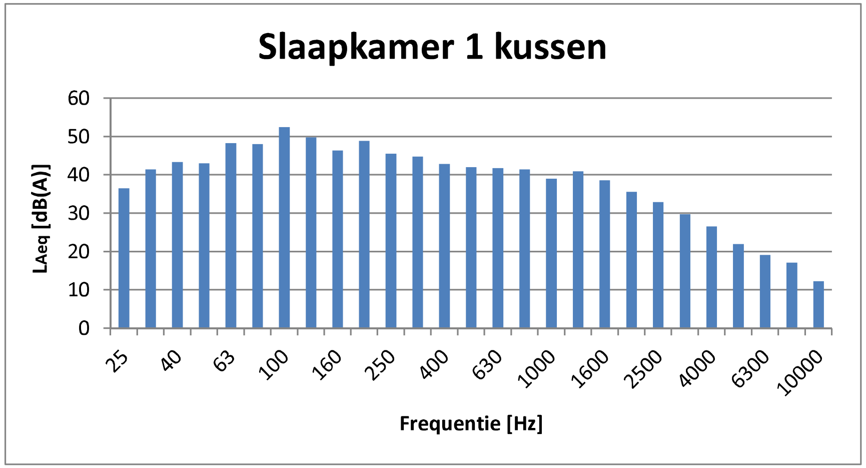


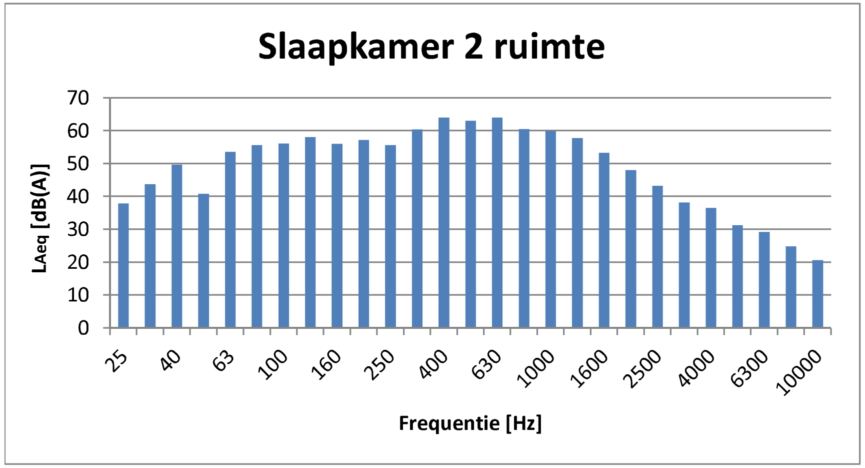


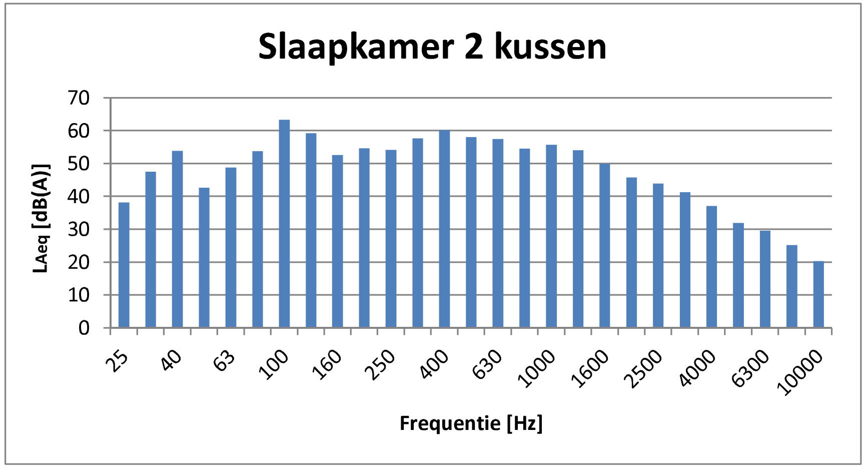


Schip: Virginia

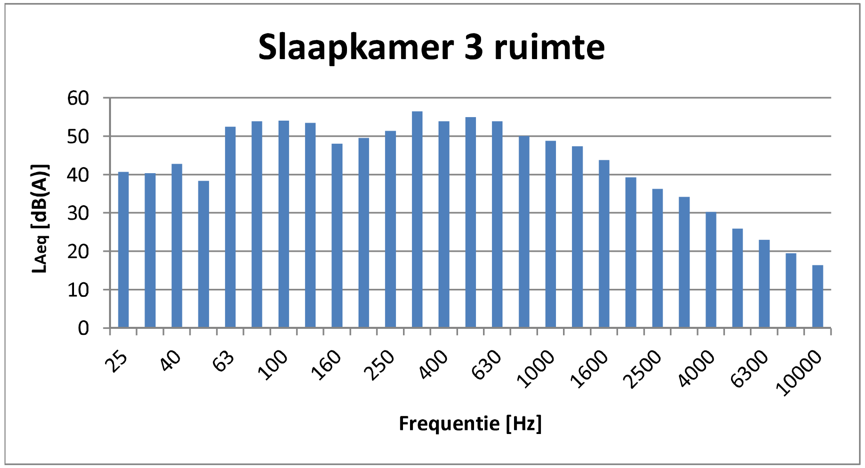


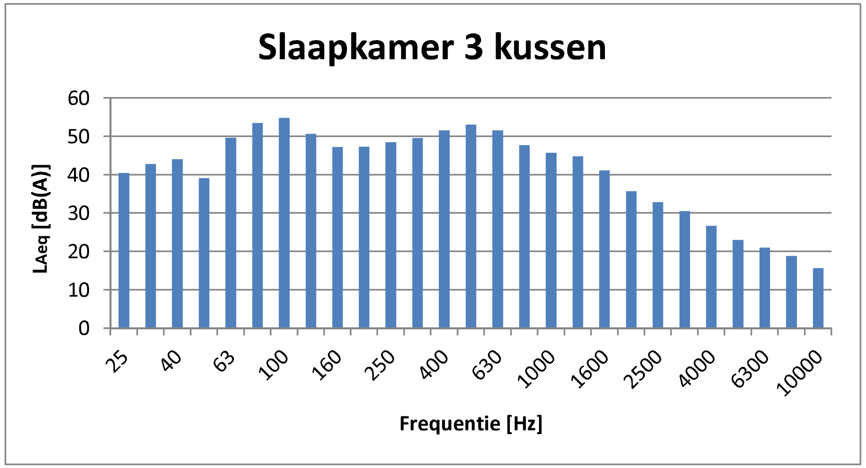


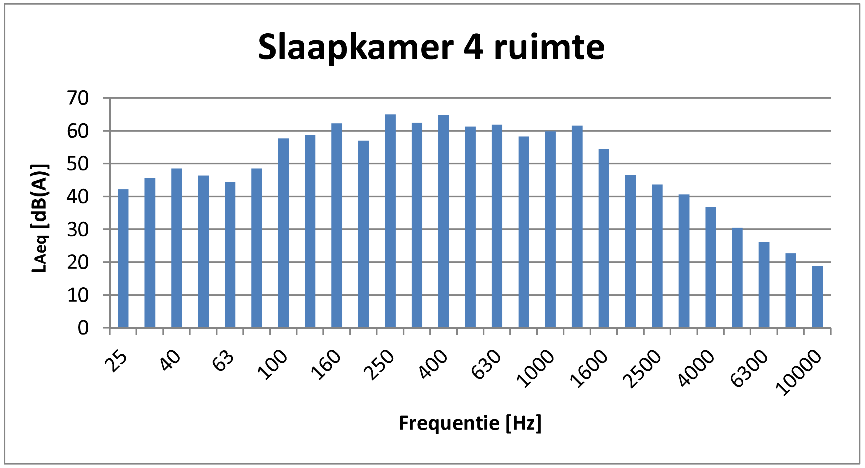


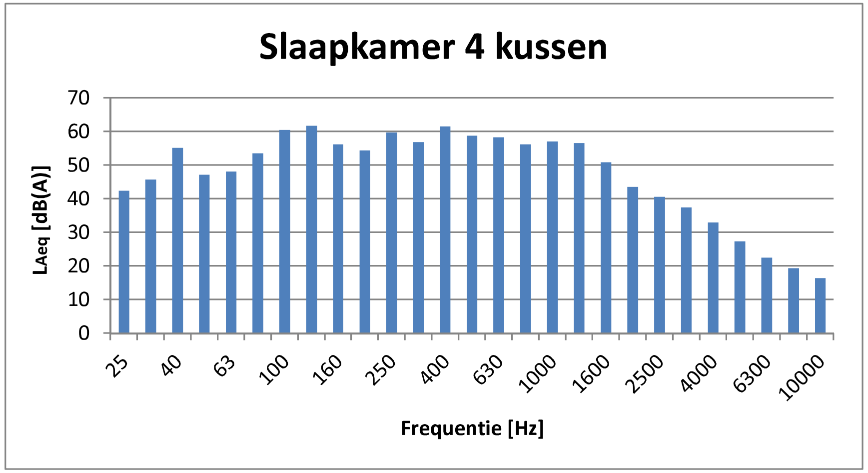


Schip: Virginia

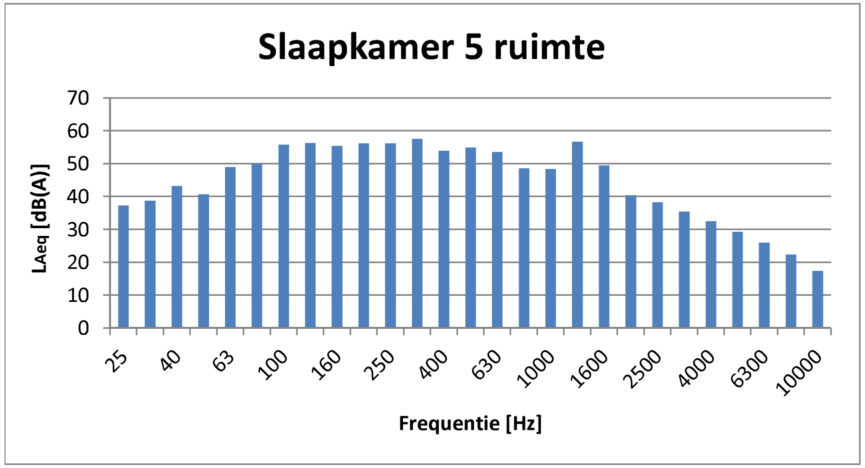


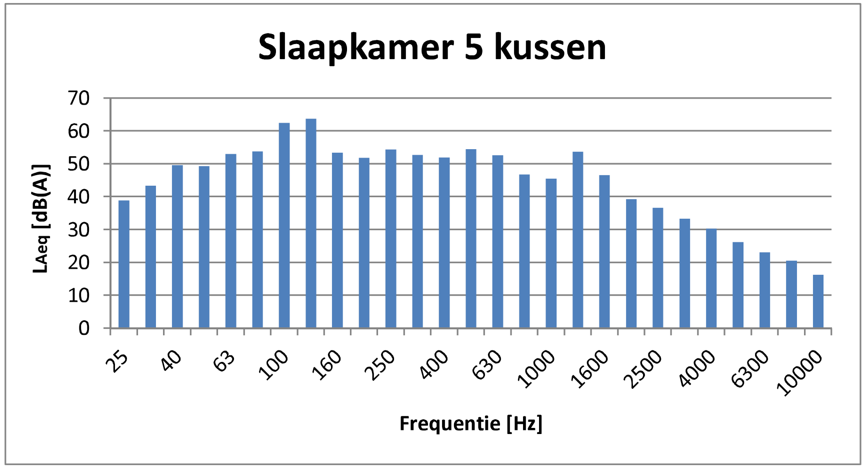


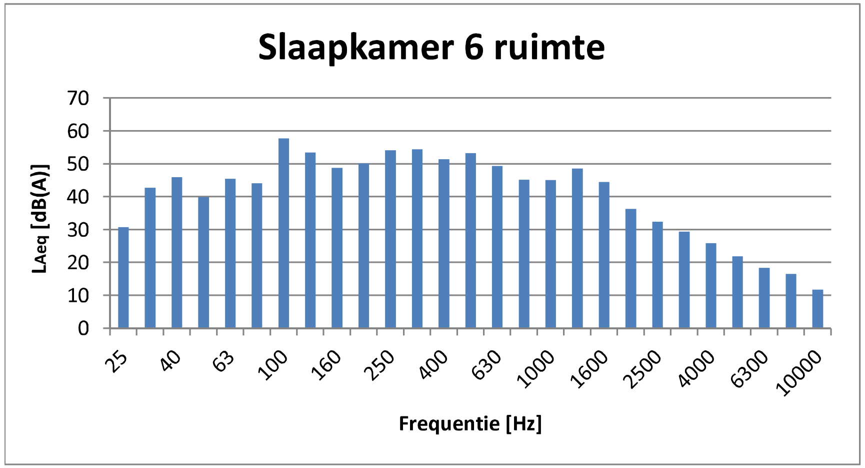


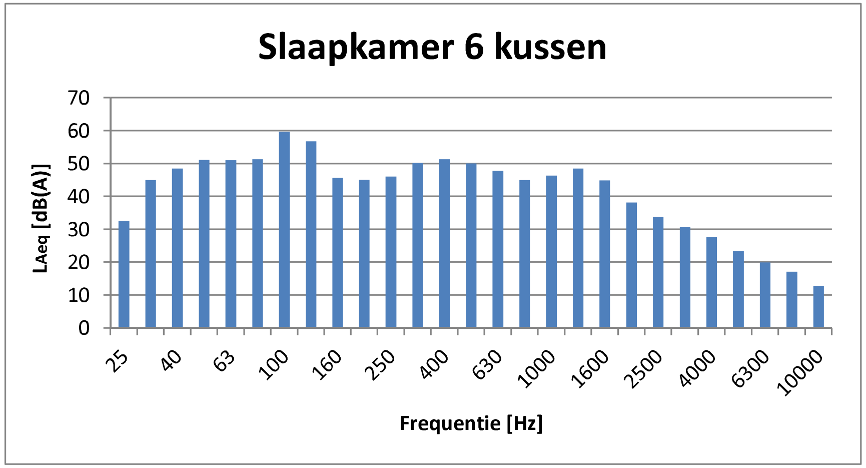


Schip: Virginia

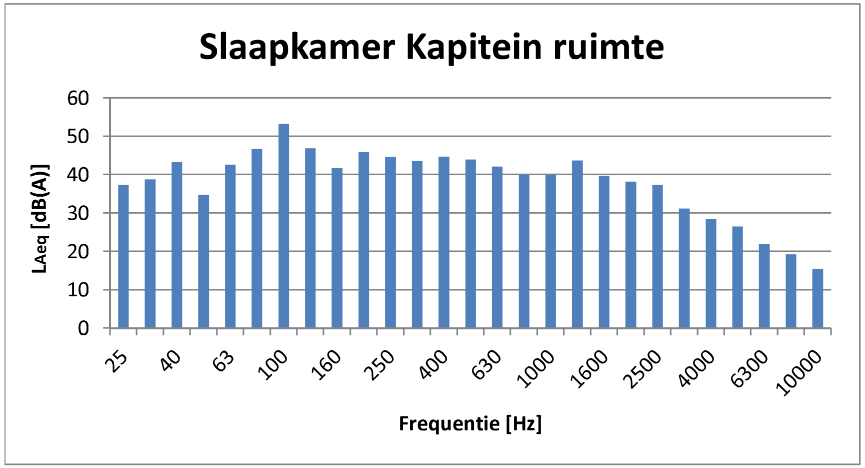


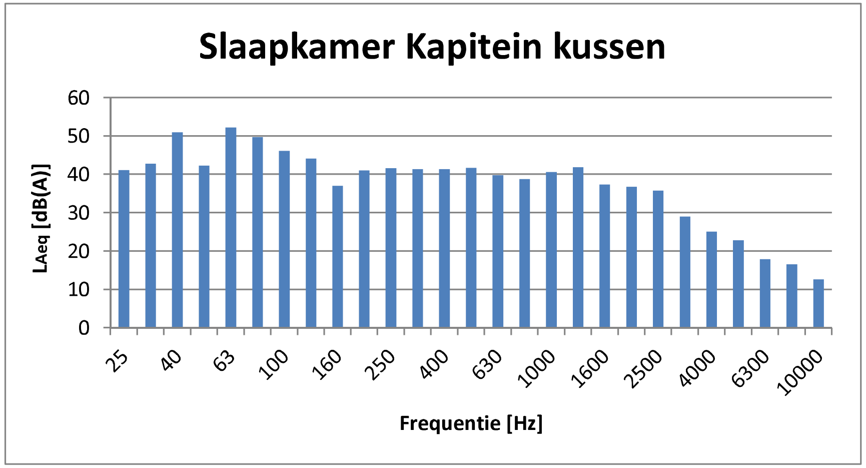


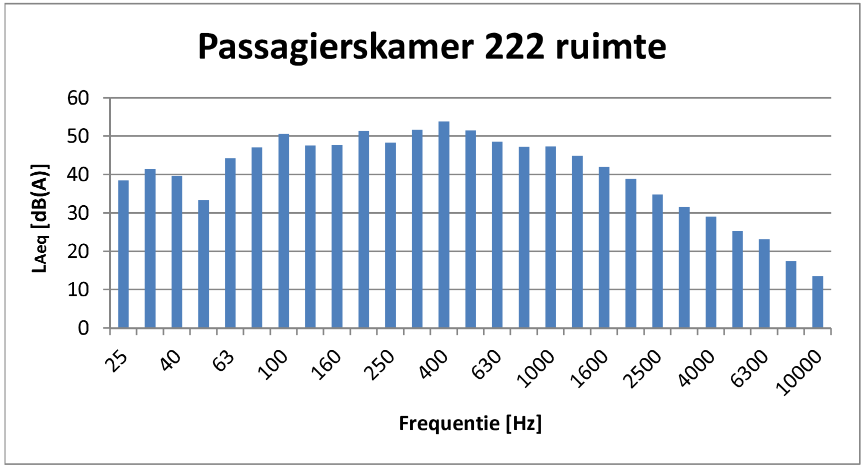


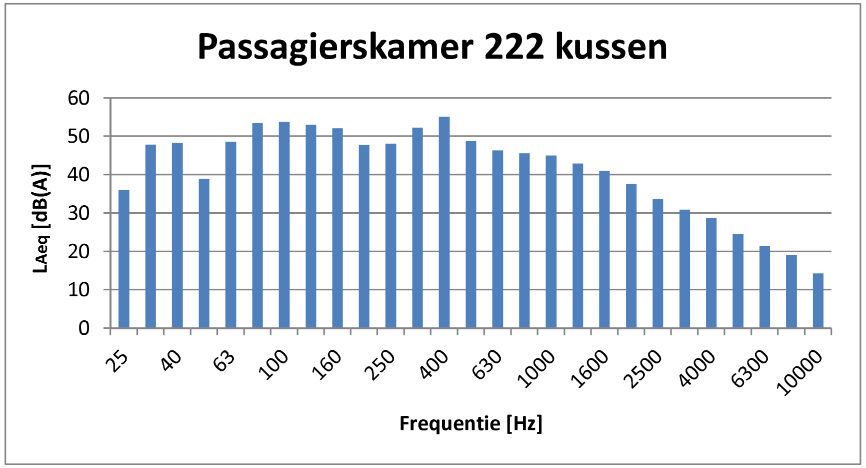


Schip: Virginia

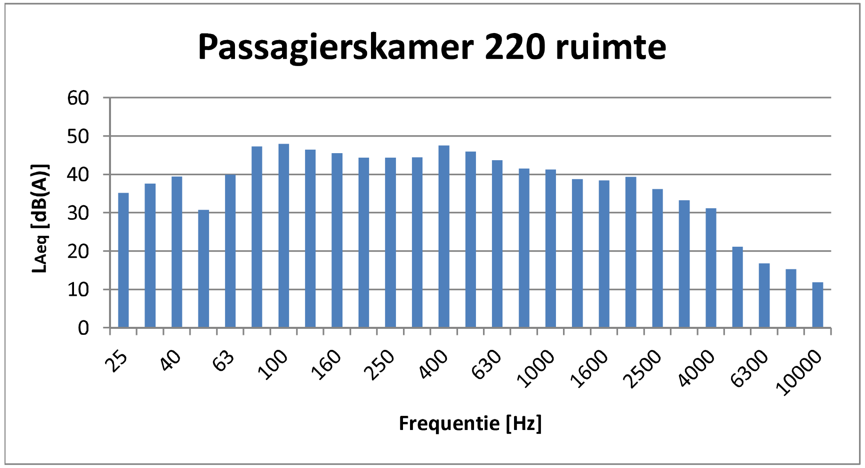


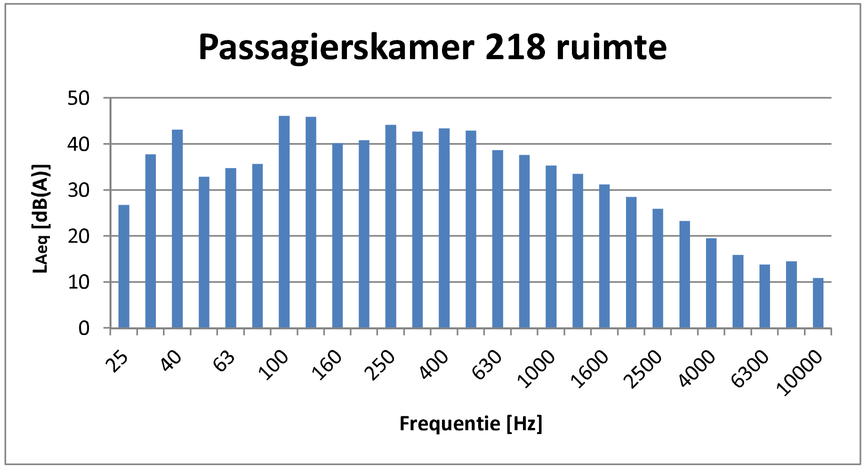






Schip: Virginia





Bepaling bronvermogen

Projectnummer: **20140720**
Schip: **Virginia**

Bronnummer:						**Bronnaam:**	**Uitlaat schoorsteen 85%**				
Bronhoogte	h_b: 0,675 m		Meetafstand:		r	0,55 m					
Meethoogte	h_o: 0,925 m										
Methode II.2	***halve bol***										
Frequentie	[Hz]	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Totaal
L_p	[dB(A)]	**55,5**	**72,4**	**84,6**	**88,5**	**92,3**	**88,8**	**86,9**	**76,8**	**71,7**	**96,0**
Correcties voor reflecties	[dB]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
D_{geo}	[dB]	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	
$a_{lu}R$	[dB]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Halve bol correctie	[dB]	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	
L_{WR}	**[dB(A)]**	**59,3**	**76,2**	**88,4**	**92,3**	**96,1**	**92,6**	**90,7**	**80,6**	**75,5**	**99,8**

Bronnummer:						**Bronnaam:**	**Uitlaat schoorsteen 25%**				
Bronhoogte	h_b: 0,675 m		Meetafstand:		r	0,55 m					
Meethoogte	h_o: 0,925 m										
Methode II.2	***halve bol***										
Frequentie	[Hz]	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Totaal
L_p	[dB(A)]	**64,5**	**65,7**	**71,8**	**67,7**	**68,7**	**69,7**	**66,3**	**61,3**	**55,3**	**77,0**
Correcties voor reflecties	[dB]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
D_{geo}	[dB]	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	
$a_{lu}R$	[dB]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Halve bol correctie	[dB]	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	
L_{WR}	**[dB(A)]**	**68,3**	**69,5**	**75,6**	**71,5**	**72,5**	**73,5**	**70,1**	**65,1**	**59,1**	**80,8**

DPA | CAUBERG-HUYGEN
RAADGEVENDE INGENIEURS

Meetresultaten Viator

Overzicht meegegevens en beoordeling

Project: 20140720
Schip: Viator
Type: Motorvrachtschip
Datum: 10-12-2014
Uitvoering: LOT
Organisatie: DPA-CH

Gemeten geluidniveaus LAeq [dB(A)] verschillende motorvermogens

Situatie	Machinekamer ruimte	Stuurhut roerganger	Woonkamer kapitein	Woonkamer 2	Slaapkamer 1 kussen	Slaapkamer 1 ruimte	Slaapkamer 2 kussen	Slaapkamer 2 ruimte
95% MCR	1600							
file	31	32	25	26	27	28	29	30
LAeq	107,6	59,7	71,9	74,9	73,1	70,6	71,1	71,7
85% MCR	1508							
file	47	48	41	42	43	44	45	46
LAeq	105,6	58,8	71,4	72,9	69,6	69,8	72	71
55% MCR	1312							
file	39	40	33	34	35	36	37	38
LAeq	103,5	57,2	67	68	65,9	66,4	66,7	68,3
25% MCR	1008							
file	57	58	51	52	53	54	55	56
LAeq	103	54,7	60,6	61,7	59,2	58,3	59,9	59,6
5% MCR	585							
file	65	66	59	60	61	62	63	64
LAeq	99,8	50,7	61,3	62,3	56,1	56,4	57,9	58,2

Beoordeling geluidniveaus LAeq [dB(A)]

Situatie	Machinekamer ruimte	Stuurhut roerganger	Woonkamer kapitein	Woonkamer 2	Slaapkamer 1 kussen	Slaapkamer 1 ruimte	Slaapkamer 2 kussen	Slaapkamer 2 ruimte
95% MCR	-2,4	-10,3	1,9	4,9	13,1	10,6	11,1	11,7
85% MCR	-4,4	-11,2	1,4	2,9	9,6	9,8	12	11
55% MCR	-6,5	-12,8	-3	-2	5,9	6,4	6,7	8,3
25% MCR	-7	-15,3	-9,4	-8,3	-0,8	-1,7	-0,1	-0,4
5% MCR	-10,2	-19,3	-8,7	-7,7	-3,9	-3,6	-2,1	-1,8
Toetsing	110	70	70	70	60	60	60	60
grootste verschil	-2,4	-10,3	1,9	4,9	13,1	10,6	12	11,7

Schip: Viator

Gemeten geluidniveaus LAeq [dB(A)] bijdrage motor

Situatie	Machinekamer ruimte	Stuurhut roerganger	Woonkamer ruimte	Woonkamer 2	Slaapkamer 1 kussen	Slaapkamer 1 ruimte	Slaapkamer 2 kussen	Slaapkamer 2 ruimte
Achtergrond (motor uit - stroomaggregaat aan)								
file	7	8	1	2	3	4	5	6
LAeq	45,8	39,3	31,2	32,9	30,1	32,5	30,6	31,5
Motor stationair (niet varen)								
file	15	16	9	10	11	12	13	14
LAeq	93,8	45,6	52,2	55,2	56,2	53,7	52,6	53,6
Motor 85% (niet varen) (95% ipv 85%)								
file	23	24	17	18	19	20	21	22
LAeq	103,5	53,8	63,5	64,3	59,1	57,9	59,1	60

Gemeten geluidniveau LAeq [dB(A)] uitlaat schoorsteen

Situatie	Diameter schoorsteen	Afstand (> 1,5 D)	Hbr	Hmic	LAeq	file
25% MCR	0,28	0,42	0,76	1,18	78,2	50
85% MCR	0,28	0,42	0,76	1,18	90,7	49

Bepaling en beoordeling MCR-mix

Project: 20140720
Schip: Viator
Type: Motorvrachtschip
Datum: 10-12-2014
Uitvoering: LOT
Organisatie: DPA-CH

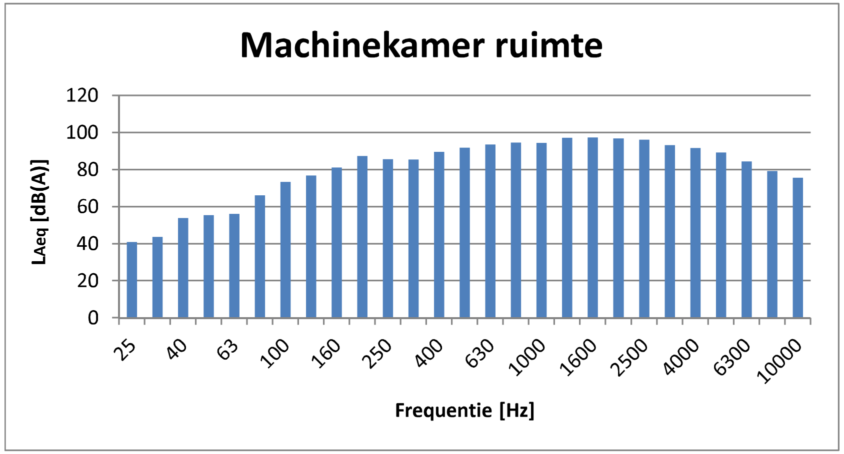
Situatie	Machinekamer ruimte	Stuurhut roerganger	Woonkamer kapitein	Woonkamer 2	Slaapkamer 1 kussen	Slaapkamer 1 ruimte	Slaapkamer 2 kussen	Slaapkamer 2 ruimte
	103,0	55,6	65,9	67,1	64,1	64,3	65,8	65,8
Toetsing	110	70	70	70	60	60	60	60
Overschrijding	-7,0	-14,4	-4,1	-2,9	4,1	4,3	5,8	5,8

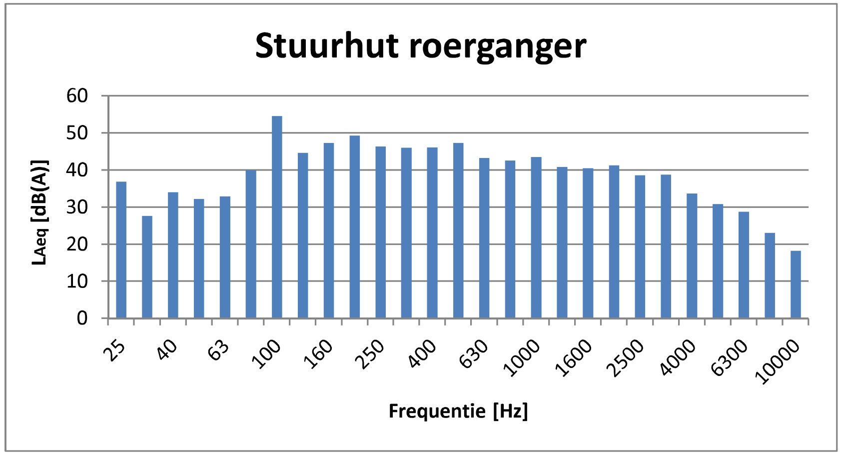
Meetgegevens spectraal

Project: 20140720
Schip: Viator
Type: Motorvrachtschip
Datum: 10-12-2014
Uitvoering: LOT
Organisatie: DPA-CH

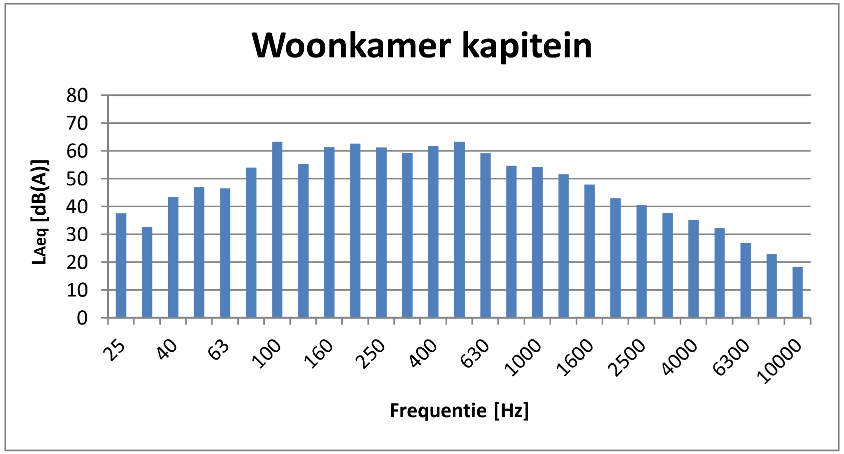
Gemeten geluidniveaus LAeq [dB(A)] bij 85% MCR

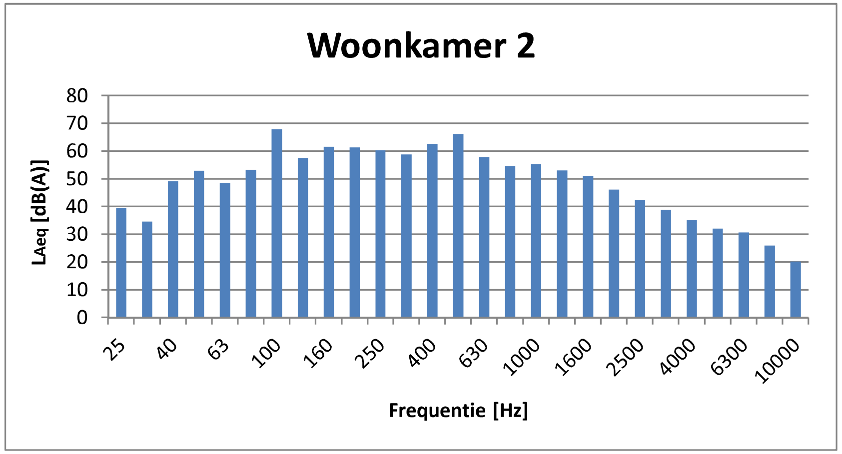
Situatie	Machinekamer ruimte	Stuurhut roerganger	Woonkamer Kapitein	Woonkamer 2	Slaapkamer 1 kussen	Slaapkamer 1 ruimte	Slaapkamer 2 kussen	Slaapkamer 2 ruimte
85% MCR								
file	47	48	41	42	43	44	45	46
LAeq	105,6	58,8	71,4	72,9	69,6	69,8	72	71

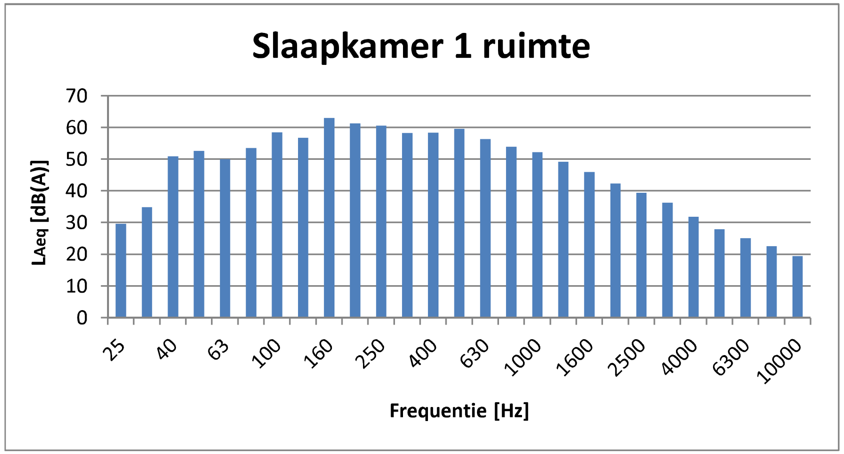


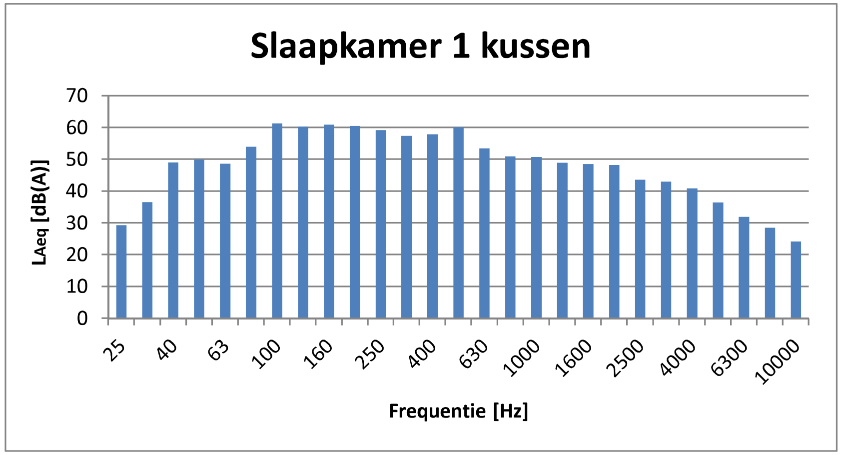


Schip: Viator

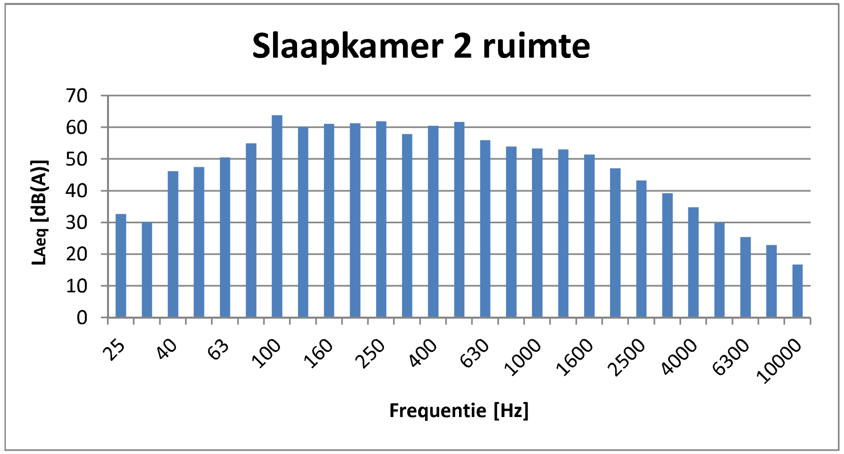


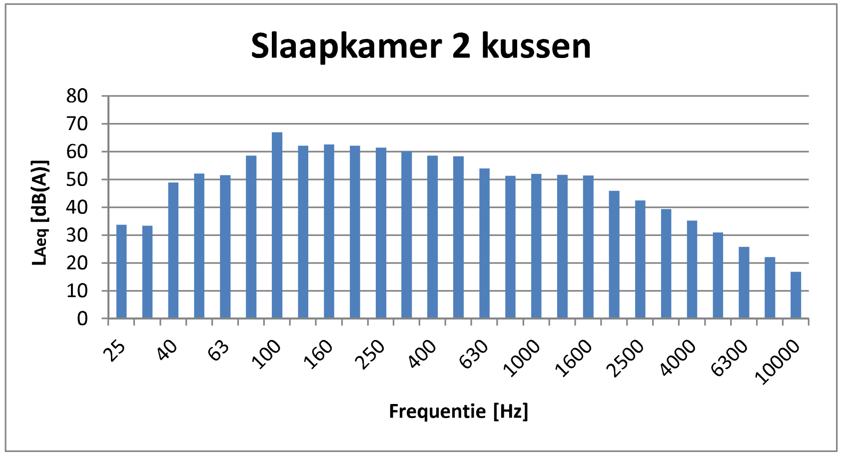






Schip: Viator

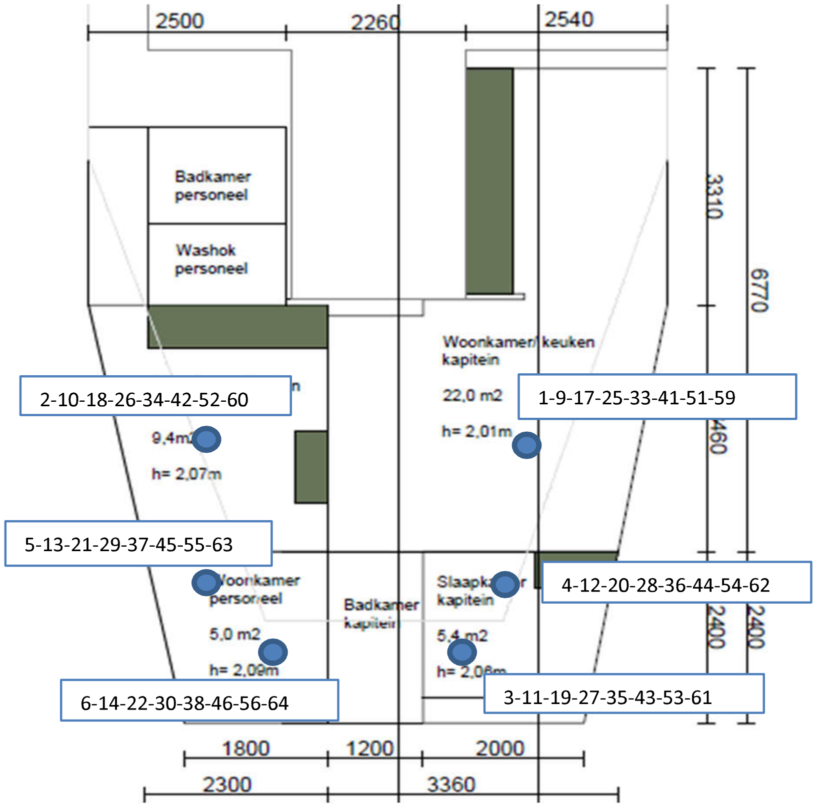




Overzicht meetposities

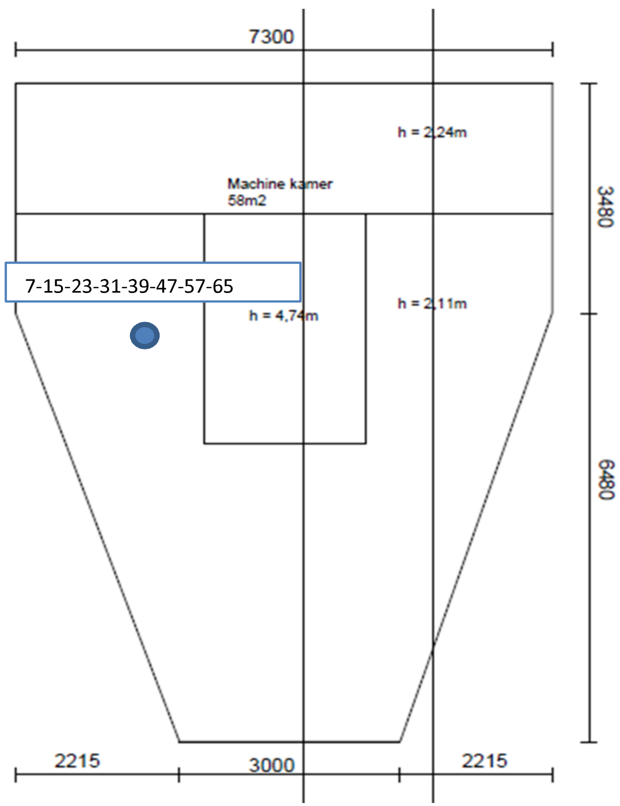
Project: 20140720
Schip: Viator
Type: Motorvrachtschip
Datum: 10-12-2014
Uitvoering: LOT
Organisatie: DPA-CH

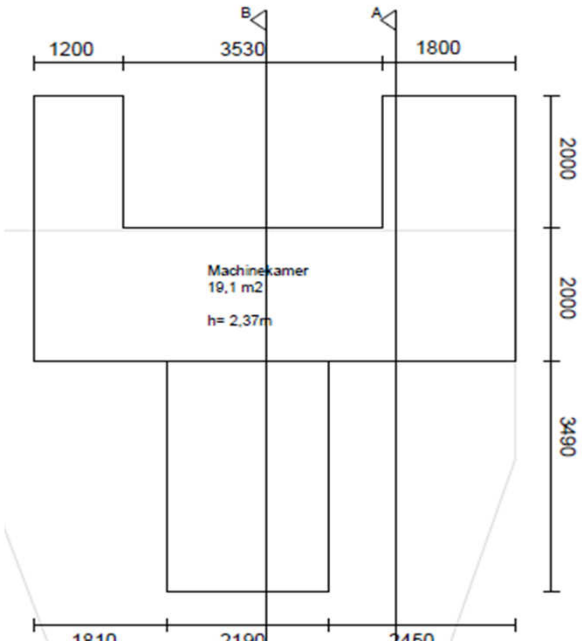
Woon en slaapvertrekken



Machinekamer

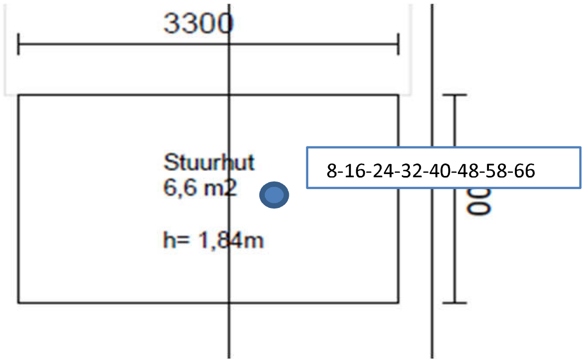
Schip: Viator





Stuurhut

Schip: Viator



Bepaling bronvermogen

Projectnummer: **20140720**
Schip: **Viator**

Bronnummer:						**Bronnaam:**	**Uitlaat schoorsteen 85%**				
Bronhoogte	h_b:	0,76 m		Meetafstand:	r	0,42 m					
Meethoogte	h_o:	1,18 m									
Methode II.2		***halve bol***									
Frequentie	[Hz]	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Totaal
L_p	[dB(A)]	**75,6**	**82,9**	**83,9**	**82,7**	**81,5**	**82,7**	**80,8**	**77,3**	**69,8**	**90,7**
Correcties voor reflecties	[dB]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
D_{geo}	[dB]	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	
$a_{lu}R$	[dB]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Halve bol correctie	[dB]	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	
L_{WR}	**[dB(A)]**	**77,1**	**84,4**	**85,4**	**84,2**	**83,0**	**84,2**	**82,3**	**78,8**	**71,3**	**92,2**

Bronnummer:						**Bronnaam:**	**Uitlaat schoorsteen 25%**				
Bronhoogte	h_b:	0,76 m		Meetafstand:	r	0,42 m					
Meethoogte	h_o:	1,18 m									
Methode II.2		***halve bol***									
Frequentie	[Hz]	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Totaal
L_p	[dB(A)]	**61,2**	**74,2**	**62,8**	**63,8**	**66,6**	**72,4**	**68,9**	**65,1**	**48,3**	**78,1**
Correcties voor reflecties	[dB]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
D_{geo}	[dB]	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	
$a_{lu}R$	[dB]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Halve bol correctie	[dB]	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	
L_{WR}	**[dB(A)]**	**62,7**	**75,7**	**64,3**	**65,3**	**68,1**	**73,9**	**70,4**	**66,6**	**49,8**	**79,6**

DPA CAUBERG-HUYGEN
RAADGEVENDE INGENIEURS

Meetresultaten Melvin na maatregelen

Overzicht meetgegevens en beoordeling

Project: 20140720
Schip: Melvin
Type: Dortmunder, 250 ton lading
Datum: 12-1-2015
Uitvoering: LOT
Organisatie: DPA-CH

Gemeten geluidniveaus LAeq [dB(A)] verschillende motorvermogens

Situatie	Machinekamer ruimte	Stuurhut roerganger	Woonkamer ruimte	Slaapkamer 1 kussen	Slaapkamer 1 ruimte	Slaapkamer 2 kussen	Slaapkamer 2 ruimte
95% MCR -> 62 % MCR id plaats	(1574 TT)						
file	36	37	30	33	31	35	34
LAeq	105,8	63,1	69	74,7	75,1	74,5	73,8
85% MCR	(1750 TT)						
file	44	43	38	40	39	42	41
LAeq	108,2	64,1	73,8	76,9	80,4	76,6	76,4
55% MCR	(1494 TT)						
file	28	29	27	24	23	26	25
LAeq	104,8	59,7	66,5	72	74	73,8	71,3
25% MCR	(870 TT)						
file	21	20	17	16	15	19	18
LAeq	100,5	52,9	61,7	63	64,2	61,4	62,4
5% MCR	(500 TT)	Niet ivm met te harde wind					
file							
LAeq							

Beoordeling geluidniveaus LAeq [dB(A)]

Situatie	Machinekamer ruimte	Stuurhut roerganger	Woonkamer ruimte	Slaapkamer 1 kussen	Slaapkamer 1 ruimte	Slaapkamer 2 kussen	Slaapkamer 2 ruimte
95% MCR -> 62 % MCR id plaats	-4,2	-6,9	-1	14,7	15,1	14,5	13,8
85% MCR	-1,8	-5,9	3,8	16,9	20,4	16,6	16,4
55% MCR	-5,2	-10,3	-3,5	12	14	13,8	11,3
25% MCR	-9,5	-17,1	-8,3	3	4,2	1,4	2,4
5% MCR							
Toetsing	110	70	70	60	60	60	60
grootste verschil	-1,8	-5,9	3,8	16,9	20,4	16,6	16,4

Schip: Melvin

Gemeten geluidniveaus LAeq [dB(A)] bijdrage motor

Situatie	Machinekamer ruimte	Stuurhut roerganger	Woonkamer ruimte	Slaapkamer 1 kussen	Slaapkamer 1 ruimte	Slaapkamer 2 kussen	Slaapkamer 2 ruimte
Achtergrond (motor uit - stroomaggregaat aan)							
file	7	6	5	2	1	4	3
LAeq	45,3	43,6	32,9	35,2	32,3	34,4	33,5
Motor stationair (niet varen)							
file	14	13	12	9	8	11	10
LAeq	97,7	49,9	57,1	57,7	58,4	53,4	56,7
Motor 85% (niet varen)	NIET MOGELIJK	(kan niet loskoppelen)					
file	--	--	--	--	--	--	--
LAeq	--	--	--	--	--	--	--

Gemeten geluidniveau LAeq [dB(A)] uitlaat schoorsteen

Situatie	Diameter schoorsteen	Afstand (> 1,5 D)	Hbr	Hmic	LAeq	file
25% MCR	0,35	0,525	1,77	1,8	77,7	22
85% MCR	0,35	0,525	1,77	1,8	90	45

Bepaling en beoordeling MCR-mix

Project: 20140720
Schip: Melvin
Type: Dortmunder
Datum: 12-1-2015
Uitvoering: LOT
Organisatie: DPA-CH

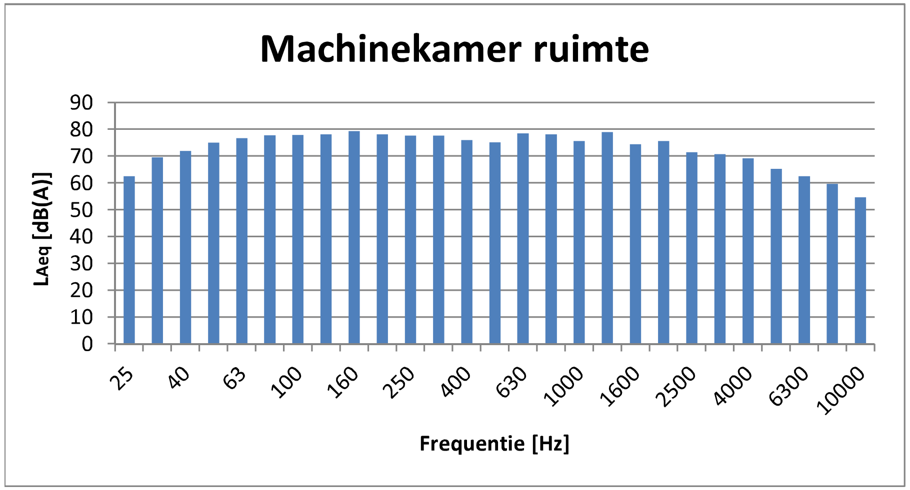
Situatie	Machinekamer ruimte	Stuurhut roerganger	Woonkamer ruimte	Slaapkamer 1 kussen	Slaapkamer 1 ruimte	Slaapkamer 2 kussen	Slaapkamer 2 ruimte
	103,7	58,4	67,3	70,7	73,6	71,1	70,1
Toetsing	110	70	70	60	60	60	60
Overschrijding	-6,3	-11,6	-2,7	10,7	13,6	11,1	10,1

Meetgegevens spectraal

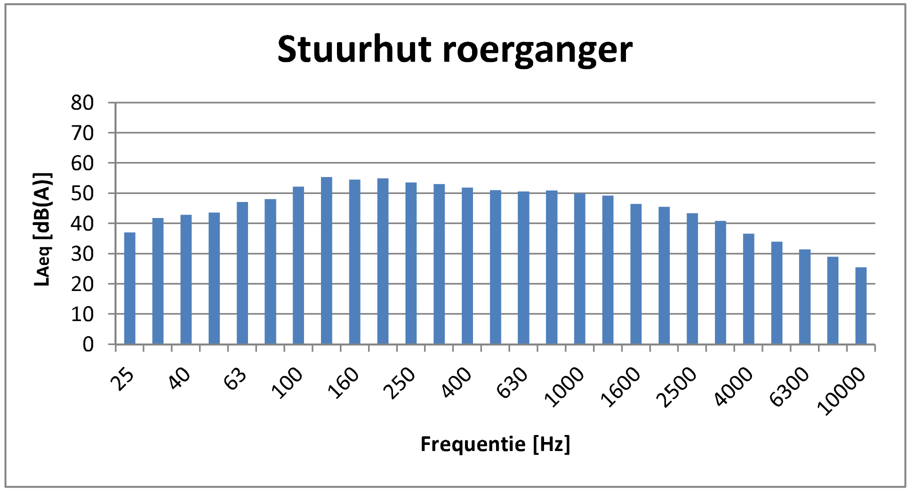
Project: 20140720
Schip: Melvin
Type: Dortmunder
Datum: 12-1-2015
Uitvoering: LOT
Organisatie: DPA-CH

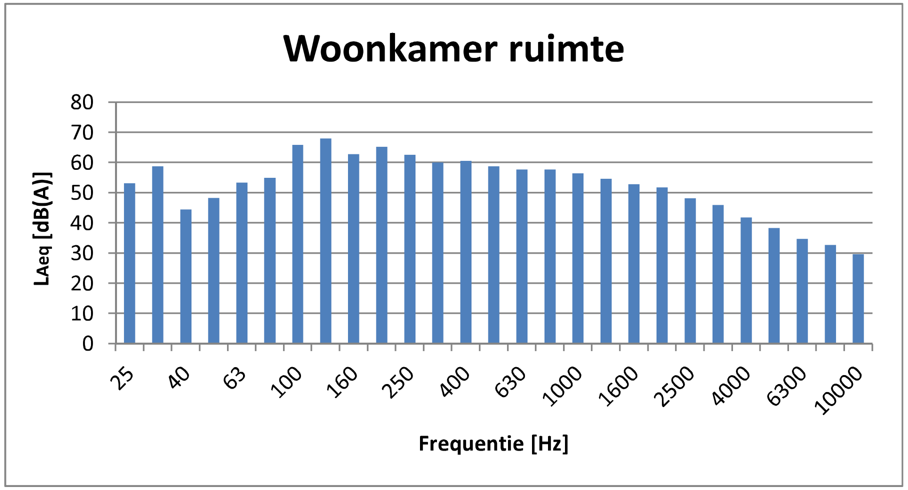
Gemeten geluidniveaus LAeq [dB(A)] bij 85% MCR

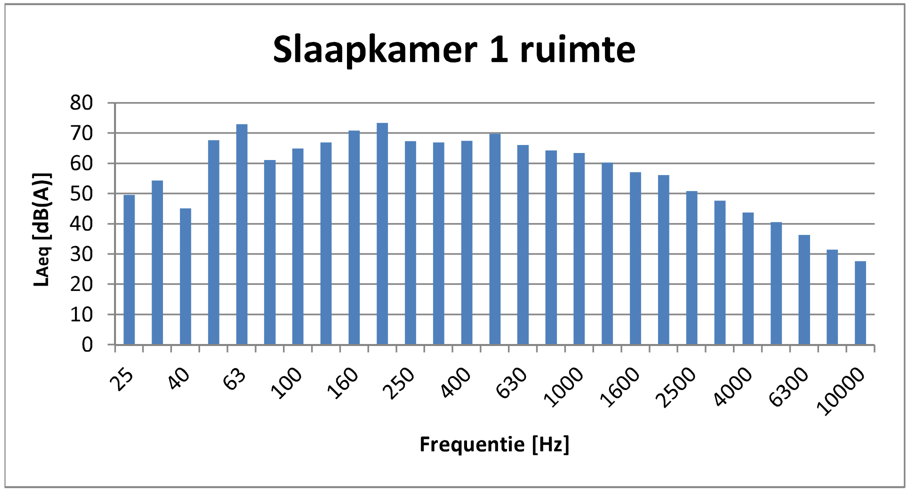
Situatie	Machinekamer ruimte	Stuurhut roerganger	Woonkamer ruimte	Slaapkamer 1 kussen	Slaapkamer 1 ruimte	Slaapkamer 2 kussen	Slaapkamer 2 ruimte
85% MCR							
file	44	43	38	40	39	42	41
LAeq	108,2	64,1	73,8	76,9	80,4	76,6	76,4

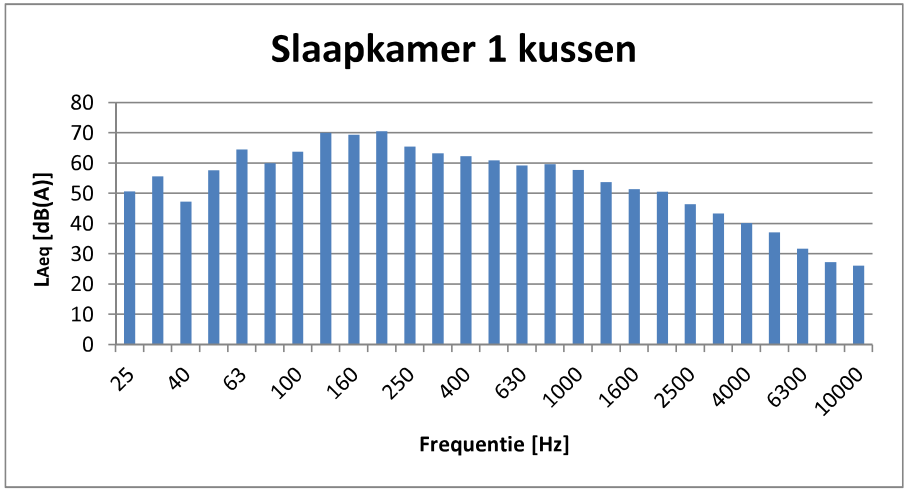


Schip: Melvin

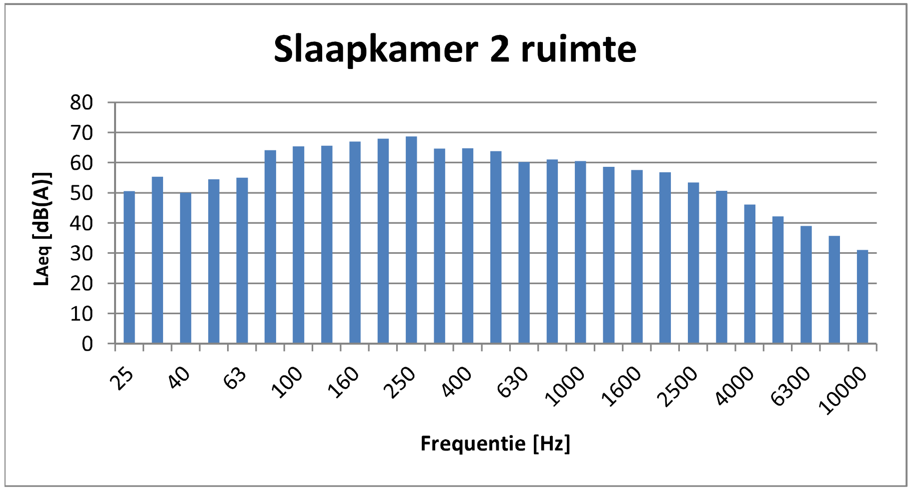


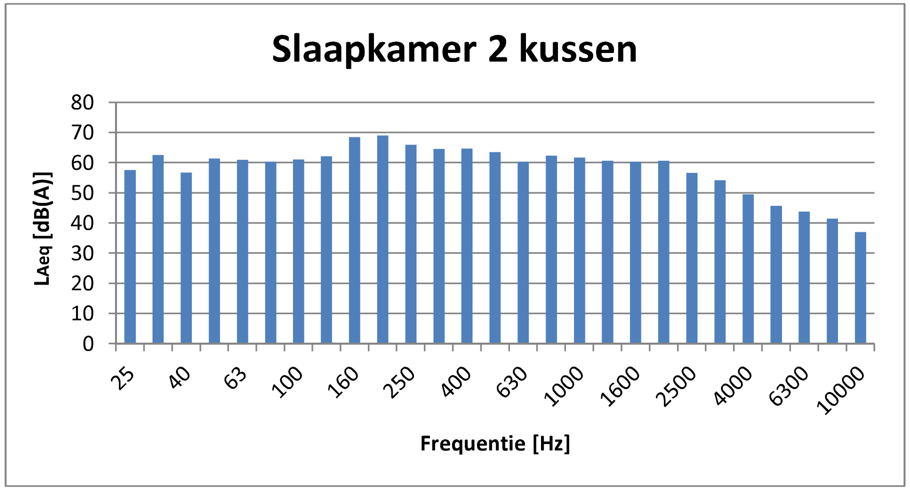






Schip: Melvin

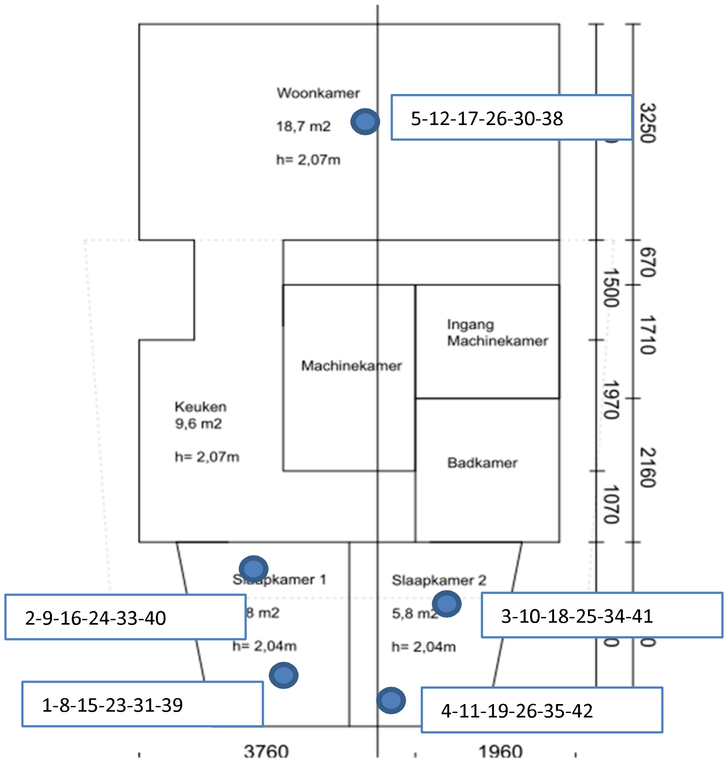




Overzicht meetposititie

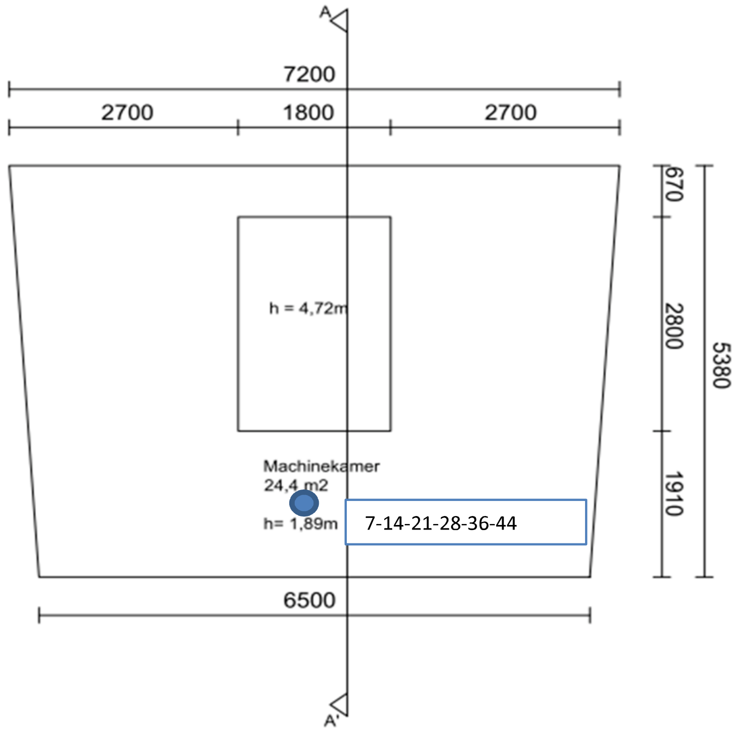
Project: 20140720
Schip: Melvin
Type: Dortmunder, 250 ton lading
Datum: 12-1-2015
Uitvoering: LOT
Organisatie: DPA-CH

Woon en slaapvertrekken



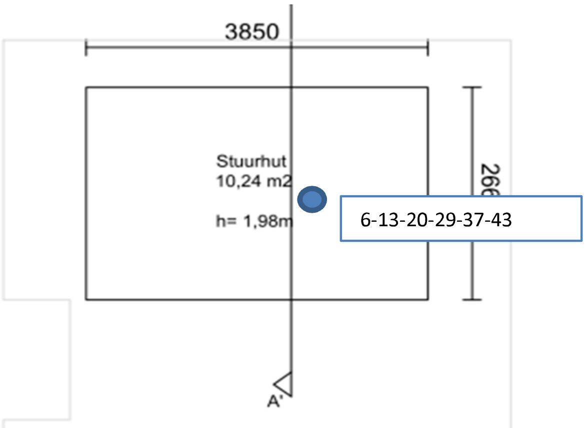
Machinekamer

Schip: Melvin



Stuurhut

Schip: Melvin



Bijlage IV Resultaten geluidmetingen op 25 m

Geluidmetingen op 25 meter van passerende schepen

Datum metingen	25-11-2014
Project	20140720
Uitgevoerd door	Sander Crombag en Davy van Haperen
Locatie	Berg a/d Maas
Gemeten met	B&K 2250
Hoogte microfoon	3 m
Afstand Brug - Meetpunt	289 m

DPA Cauberg-Huygen

Naam schip	Type schip	LAeq op 25 meter	% van max toerental	Snelheid schip (m/s)	Bouwjaar	LAeq gemeten	LAeq gecorrigeerd achtergrond
Adelaar	*Europaschip*	61	56	2,7	1982	59,5	59,0
Stern	*Dortmünder*	75	72	2,3	1922	71,2	71,2
Aquarant	*Europaschip*	63		4,0		62,2	61,7
Argus	*Groot Rijnschip*	68	65	2,4	2002	64,7	64,4
St. Agatha/Katwij/Ram	*Duwboot*	72		2,7	1943	69,6	69,5
Laco9/Farley	*Duwboot*	72		2,3	1923	67,6	67,5
Wanssum/Ram	*Duwboot*	72		2,9	1943	69,0	68,8
Confiance	*Europaschip*	63		2,9		60,7	60,6
Willie	*Motorbeunschip*	71		3,5	1967	67,0	66,9
Zwerver	*Kempenaar*	69	87	4,3	1954	65,0	64,9
Jan Cornelis	*Brusselaar*	68	100	4,1	1914	67,0	66,9
Poseidon	*Europaschip*	66		2,9	1955	62,9	62,6
Mover 4	*Duwboot*	66		3,3	1957	63,4	63,2
Fighter	*Groot Rijnschip*	63		3,7		61,5	60,8
Ruan	*Kempenaar*	65	70	2,9	1966	61,7	60,7
Grendel	*Licht chemicaliën tanker*	64	56	3,3	2005	61,6	61,1
Gelderland	*Dortmunder*	65	84	3,1	1966	64,5	64,3
Arta	*Kempenaar*	64	82	2,9	1966	61,2	60,8
Okinawa	*Europaschip*	64		3,5	1959	63,1	62,9
Brisant	*Kempenaar*	64		4,0	1962	62,5	61,9
Magdalena	*Groot Rijnschip*	65	63	2,9	1999	63,2	63,0
Keiko	*Spits*	64		2,8	1951	59,7	59,1
Ecce-homo	*Kempenaar*	64		3,0	1959	60,0	59,5
Dorine	*Europaschip*	64		2,6	1958	60,6	60,1
Nil desperandum	*Tanker*	66		3,6	1979	63,3	63,1
Corja	*Koeningfelbre*	64	67	3,4	1935	60,5	60,2
Seolto	*Kempenaar*	63		2,9	1957	60,2	59,5
Play boy	*Europaschip*	58		2,9		59,0	57,1
Loana-calista	*Europaschip*	62		3,1	1947	60,5	59,1
Alida	*Kempenaar/Dortmunder*	62	61	2,8	1961	59,5	58,6
Martyna	*Dortmunder*	61		4,1	1951	60,0	59,6
Springer	*Europaschip*	63	68	2,9	1981	61,5	60,7
Vertrouwen	*Kempenaar*	61	61	2,8	1975	59,2	58,5
Peroli	*Europaschip*	61		1,9	1926	60,0	58,0
Miarca	*Kempenaar/Dortmunder*	61		3,1	1965	59,5	59,0
Calcit 3	*Tankschip*	61	56	2,6	1953	60,0	58,6
Diamond	*Europaschip*	61	63		1973	58,6	56,9
Zomp	*Kraanschip*	67		3,7		67,2	67,1
Farmsum	*Dortmunder/Europaschip*	57		3,2	1972	54,1	52,9

Bijlage V Resultaten trillingsmetingen

Algemeen

De schepen zijn allen gedurende één dag uitvoerig gemeten, met zowel geluidsmetingen als versnellingsmetingen (trillingen) aan alle vlakken in de vertrekken en aan de bronzijde. Aan de bronzijde is ook op en rondom de motor en keerkoppeling gemeten. In alle gevallen is getracht op een relevant middendeel van het paneel te meten.

Elke meting bestaat uit een 4-kanaals sample van 20 seconden op 25.6kHz. Kalibratiemetingen zijn uitgevoerd tijdens de meetdag en de kalibratie is genoteerd in een logboek. Het microfoonsignaal wordt geschaald naar druk (Pa) en A-gewogen omgezet naar een power spectral density (PSD) in dB met referentiewaarde $p_{ref}=2e^{-5}$ Pa. De metingen met de versnellingsopnemer worden geschaald, geïntegreerd naar mm/sec, inclusief een bandpass filter van 20 tot 2800 Hz, en omgezet naar een power spectral density (PSD) in dB met referentiewaarde $1e^{-6}$ mm/sec. Alle drie de richtingen zijn opgenomen, met de volgende ordening: z tangentieel waar mogelijk in langsrichting met het schip (blauw), y tangentieel waar mogelijk in dwars op het schip (groen), x in normaalrichting (rood).

De analyses hebben tot doel gehad de volgende vragen te beantwoorden:

- Wat zijn de belangrijkste hoorbare bronnen in de ontvangruimtes?
- Zorgen de bronnen voor overschrijdingen in de ontvangruimtes? (in alle ontvangruimtes was sprake van overschrijdingen)
- Welke tonale componenten zijn te onderscheiden en van welke bronnen zijn ze afkomstig?
- Welke bronnen zijn breedbandig te herkennen?
- Wat is de afstraalefficiëntie van de afstralende vlakken?
- Welke maatregelen kunnen genomen worden om bovenstaande bronnen af te zwakken en hoeveel dB winst gaan deze opleveren?

De procedure van de analyse is daartoe als volgt.

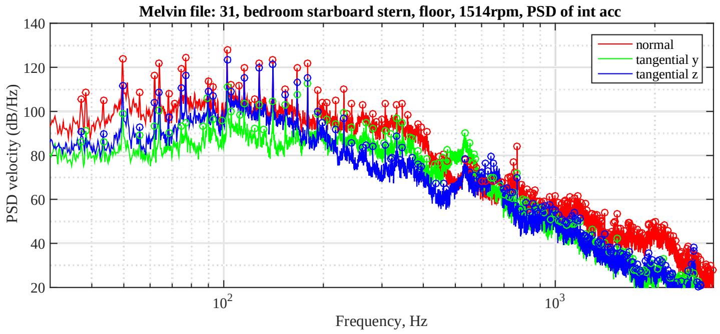
1. Op grond van het bezoek ter plaatse en observaties tijdens de metingen wordt een lijst opgesteld met mogelijke bronnen. Dit zullen in zijn algemeenheid zijn: de motor, de keerkoppeling, de schroef (via as), de schroef (via huid) en cavitatie. De lijst wordt indien geobserveerd aangevuld met generatoren en/of andere constructiegeluidbronnen. Er wordt een achtergrondmeting gedaan om te signaleren of er sprake is van dominante luchtgeluidbronnen van buiten de ruimte (in de ruimte dienen ze uitgezet te zijn tijdens de meting).
2. Per ruimte wordt volgens de lijst afgevinkt of een bepaalde bron overduidelijk niet of juist wel hoorbaar is. Daarbij gaat het vooral om bronnen die op het gehoor duidelijk onderscheidbaar zijn, bijvoorbeeld cavitatie en bronnen van secundair geluid (door trillen van losse dingen verzaakt), zogeheten ‘rattle’ of voelbare resonaties op bepaalde toerentallen.
3. Van de bronnen dient door analyse van de metingen vastgesteld te worden of ze in de door ROSR benoemde ruimtes een geluidniveau boven de grenswaarde produceren en wat dat niveau bij benadering is.
4. Voor de (twee) bedrijfscondities waarin gemeten is, worden smalbandspectra van alle geluid- en trillingsmetingen gemaakt in alle ruimtes. Deze worden geanalyseerd op tonale componenten en op breedbandige bijdragen.
5. De tonale componenten worden gerelateerd aan de tonale bronnen (motoren e.d., bronnen die duidelijk een bepaalde toon veroorzaken), indien nodig ondersteund door de trillingsmetingen op/bij

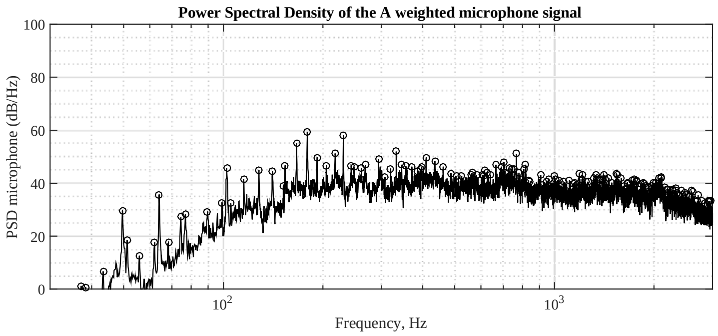
de bronnen. Hierdoor wordt de geluidniveaubijdrage van de tonale componenten van de bronnen berekend. Tonale geluiden zijn door het menselijk oor het meest herkenbaar en zorgen om die reden vaak voor de meeste overlast.

6. N.B. Schroef en keerkoppeling, en soms ook motor, kunnen tonale componenten delen, omdat ze op dezelfde toerentallen werken. Metingen dichterbij de bronnen en analyse van de harmonischen (veelvouden van de grondtoon) kunnen onderscheid geven tussen de bronnen. Indien dit niet mogelijk is, dan vormen deze bronnen voor de rest van de analyse een gezamenlijke bron. Dat betekent dat dat consequenties geeft voor de maatregelen. Die zal dan ook meer 'holistisch' moeten zijn voor deze groep.
7. Resteert het herleiden van de breedbandige bijdrage. De breedbandige bijdrage zal, indien deze boven de grenswaarden uitkomt, ook moeten worden toegeschreven aan 1 of meer bronnen. Dat gebeurt in eerste instantie door de verhouding te bepalen tussen de breedband en de tonale bijdragen van een bron, voor de verschillende bronnen. Vervolgens wordt bepaald in welke mate deze verhouding varieert op verschillende meetposities en voor de verschillende bedrijfscondities.
8. Van de afstralende vlakken wordt ook de bijdrage bepaald, uitgedrukt in geluiddrukniveau per octaafband, op grond van het trillingsniveau en de oppervlakte van een vlak. Hierbij wordt aangenomen dat de vlakken niet verschillen in afstraalefficiëntie.
9. De afstraalefficiëntie wordt berekend, per octaafband, waarbij de resultaten worden genormeerd door deze op 1 te stellen voor de hogere frequenties.
10. Tot slot wordt gekeken wat resterende geluidniveaus zijn bij het wegnemen van bronnen.

Deze lijst is in het rapport verkort weergegeven.

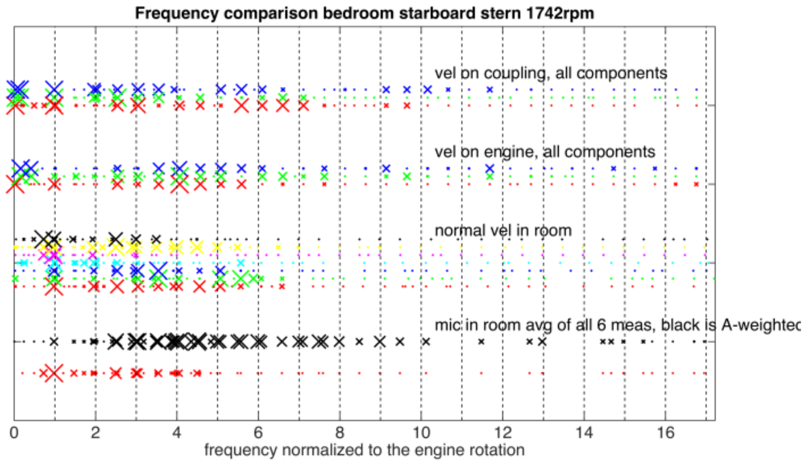
Een piekidentificatiealgoritme wordt gebruikt om de significante pieken uit de PSD plots te identificeren. Zie de figuur voor een voorbeeld van het verwerkte signaal (afkomstig van de Melvin).





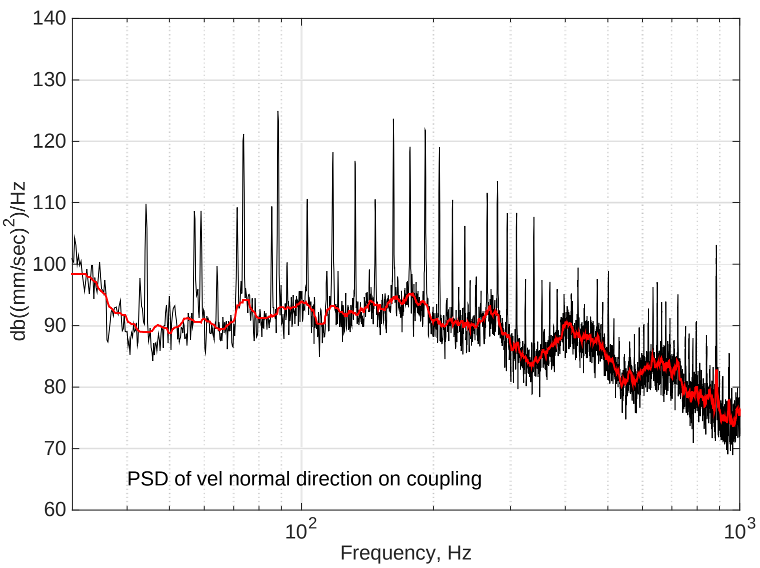
Figuur VI.1a en b Voorbeeld PSD spectrum met piek identificatie voor versnellingsopnemer en microfoon (Melvin)

De pieken in de spectra zijn omcirkeld. De gevonden spectrale pieken zijn vergeleken met de motor- en schroeffrequenties en harmonischen. Een losse plot met frequentieanalyse zal de gevonden pieken in de spectra vergelijken (hieronder een voorbeeld afkomstig van de Melvin). Typische bronnen zijn de motordraaifrequentie en harmonischen hiervan. Een enkele cilinder heeft een ontsteekfrequentie van de helft van de omwentelingsfrequentie vanwege het 4-tact principe. Voor 8 cilinders is de totale ontsteekfrequentie hierdoor 4 maal de omwentelingsfrequentie. De reductiekast heeft een reductieoverbrenging van 4.13 en een 4 bladige schroef. In de frequentieanalyse zijn de gevonden pieken horizontaal neergezet voor de microfoon en de snelheden van de vlakken in de ontvangruimtes en de bronnen bij de motor of keerkoppeling. Op de horizontale as is de frequentie (in de vorm van rotaties van de motor) weergegeven. De Y-as heeft geen dimensie; in tekst is aangegeven bij welke locatie de pieken behoren. De kleurencodes voor de richtingen en panelen zijn hetzelfde als in eerdere figuren. Om een goed onderscheid te kunnen maken tussen de verschillende pieken, zijn de kruizen gedimensioneerd naar relatieve amplitude. Het grootste kruis behoort tot een spectrale piek met de hoogste amplitude, de kleinste kruizen zijn minstens 20 dB lager dan de hoogste piek. In het tussengebied tussen 0 en -20dB amplitude zijn de kruizen lineair geschaald. In de figuren kan duidelijk een onderscheid gemaakt worden, wat deze visualisatie sterk maakt voor detailanalyse van bron. In de figuren is ook gecompenseerd voor kleine veranderingen in het motortoerental tussen de metingen.



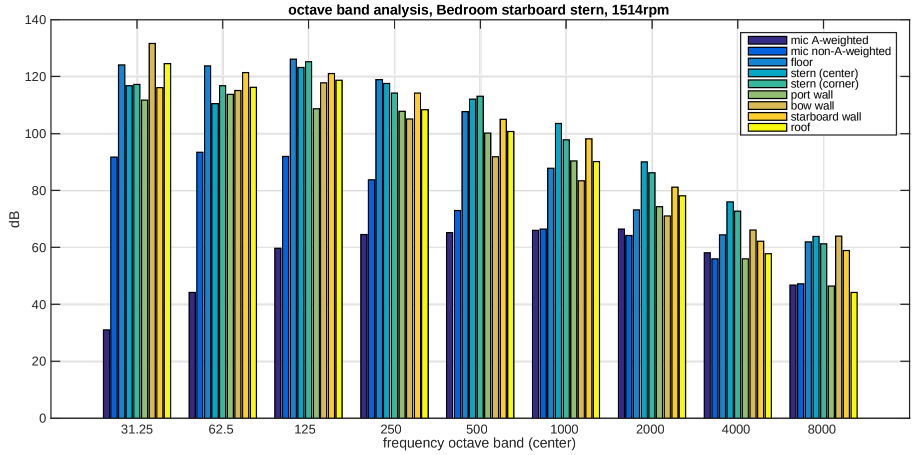
Figuur VI.2 Voorbeeld frequentieanalyse met de kruizen als vertaling van de pieken in het PSD spectrum (Melvin)

Voor de breedbandanalyse is een median filter toegepast op de PSD om de pieken weg te filteren. Vervolgens is de totale reductie in dB bekeken, wanneer de pieken niet aanwezig zouden zijn. Zie hieronder een voorbeeld van een PSD met en zonder median filter (afkomstig van de Melvin):



Figuur VI.3 Voorbeeld median filter (rood) over origineel signaal (Melvin)

Er is tevens een octaafbandanalyse gedaan van de signalen om het pad te vergelijken. De normaaltrillingen van de afstralende vlakken en de microfoonmetingen zijn in octaaf banden gezet. Let op dat bij conversie naar decibelschaal de versnellingsopnemers een andere referentiewaarde hebben dan de microfoon. Dit verklaart het verschil in de absolute hoogte tussen de versnellingsopnemers en het niet A-gewogen microfoonsignaal. De relatieve bijdrage van de vlakken komt in de figuur goed naar voren. Zie hieronder een voorbeeld van de octaafbandanalyse (afkomstig van de Melvin):



Figuur VI.4 Voorbeeld median filter (rood) over origineel signaal (Melvin)

Er geldt dat het niet A-gewogen microfoon signaal de gemeten snelheden van de versnellingsopnemers redelijk volgt. Dit is een indicatie dat inderdaad een structureel pad verantwoordelijk is voor de transmissie. Voor het vinden van de dominante vlakken is in eerste instantie gekeken naar het vlak dat dominant is in de dominante A-gewogen band.

Voor bepaling van het dominante vlak in elke kamer moet rekening worden gehouden met het oppervlakte van het paneel. In de tabel VI.1 hieronder zijn relatieve oppervlakteverschillen als factor omgezet in een ‘offset’ in decibel. Voor de afstraalefficiëntie is een factor 1 aangenomen voor allen. In realiteit zal deze verschillen voor verschillende soorten vlakken en is deze ook frequentieafhankelijk. Voor de huidige vergelijking en bepaling van dominante vlak is het gelijkstellen van de afstraalefficiëntie voldoende, gezien de beschikbare informatie van de vlakken.

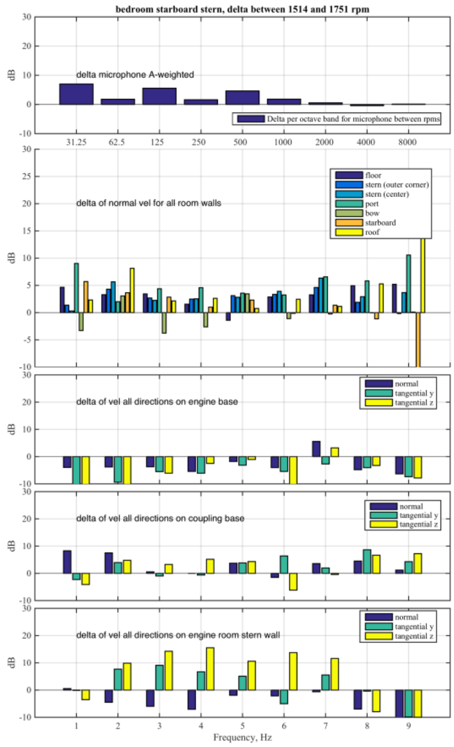
Tabel VI.1: Relatieve oppervlakteverschillen

Oppervlakte factor	**Decibel offset**
0.125	-9
0.25	-6
0.5	-3
1	0
2	3
4	6
8	9

N.B. in alle figuren zijn de oppervlaktefactoren nog niet meegenomen. Bij de beoordeling van de figuren zal deze offset dus nog erbij gedacht moeten worden.

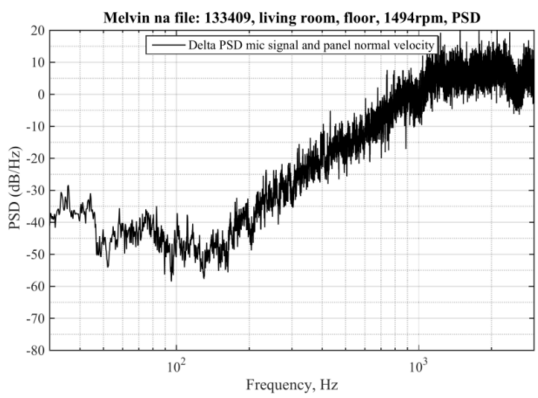
Voor de frequentieanalyse, octaafbandanalyse en de overview met median filter zijn voor enkele ruimtes ook vergelijkingen gemaakt tussen de twee verschillende gemeten rpm’s. Dit heeft tot doel te zien welke bronnen

verantwoordelijk zijn voor verhoging van niveaus. Dit kan extra duiding geven van de dominante bronnen. Hieronder een voorbeeld van een octaafbandvergelijking (afkomstig van de Melvin):



Figuur VI.5 Voorbeeld verschilanalyse octaafbanden (Melvin)

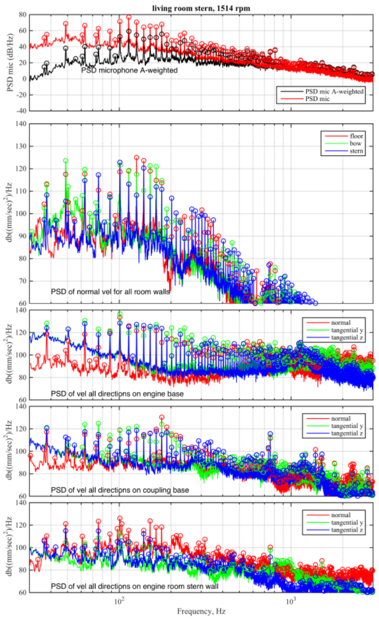
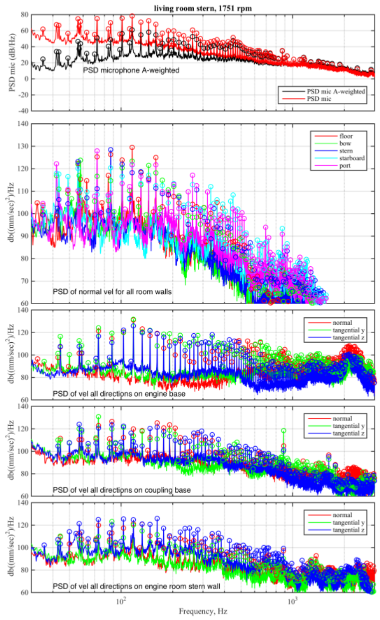
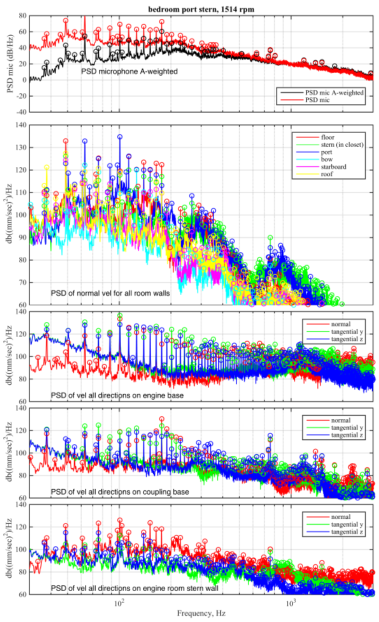
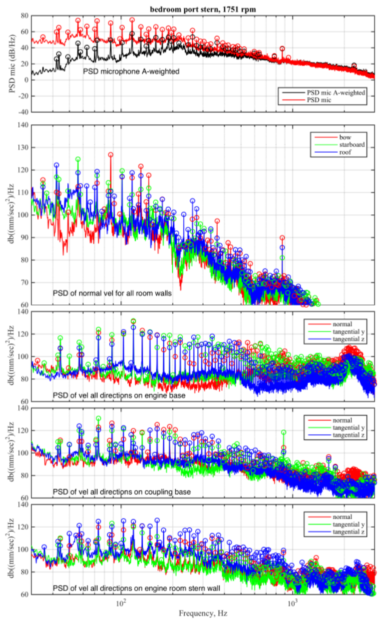
Voor alle vlakken in alle ontvangruimtes is ook de afstraalefficiëntie bepaald. De plot waaruit dit bepaald wordt toont het verschil tussen geluid en de trillingen van een paneel als functie van de frequentie. De gemiddelde grensfrequentie per schip is bepaald en aan de conclusies toegevoegd. Vanwege de grote hoeveelheid zijn deze figuren niet in de bijlagen toegevoegd. Een voorbeeld van een dergelijk figuur waaruit de efficiëntie bepaald is is weergegeven (afkomstig van de Melvin):

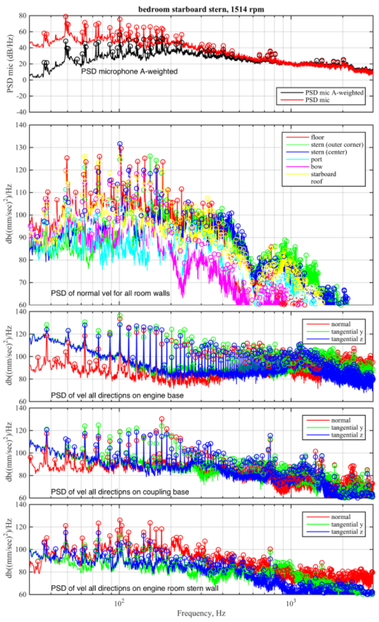
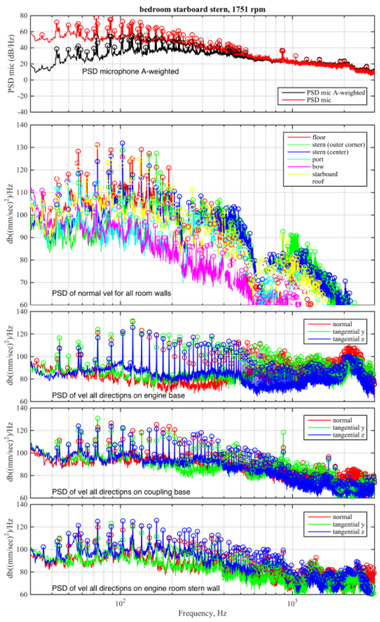


Figuur VI.6 Voorbeeld grafiek afstraalefficiëntie (Melvin na maatregelen)

Meetresultaten Melvin

Tabel VI.2: Piekanalyse

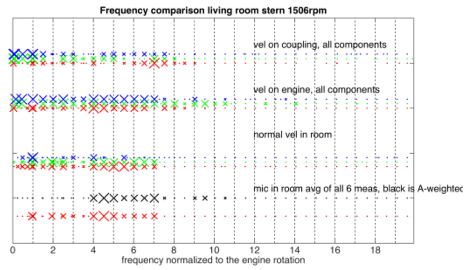
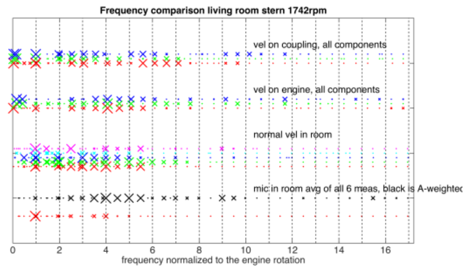
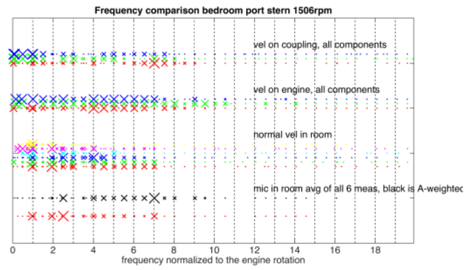
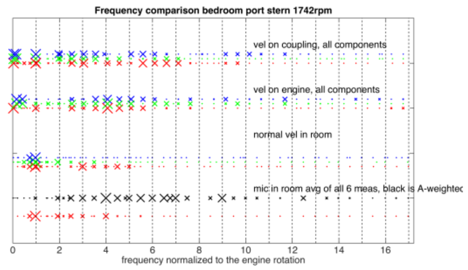
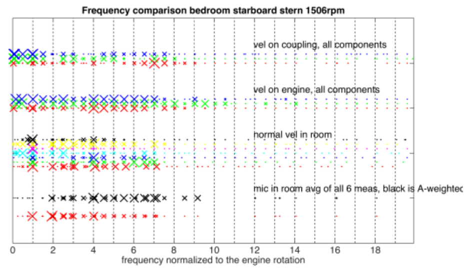
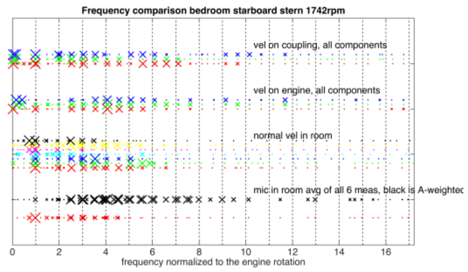
<table>
<tr><th>Woonkamer laag toerental</th><th>Woonkamer hoog toerental</th></tr>
<tr><td>
</td>
<td>
</td></tr>
<tr><th>Slaapkamer bakboord laag toerental</th><th>Slaapkamer bakboord hoog toerental</th></tr>
<tr><td>
</td>
<td>
</td></tr>
</table>

Slaapkamer stuurboord laag toerental	**Slaapkamer stuurboord hoog toerental**
	

In alle ontvangruimtes zijn duidelijk spectrale pieken van de motorruimte terug te vinden. Een hoge piek bij 100 Hz, te zien in alle ontvangruimtes, is duidelijk zichtbaar op de motorsteun en het meest dominant in de tangentiële y-richting, wat zijwaarts dwars op het schip is.
De zijwanden zijn dominant in de woonkamer (HF*). Voor het hoge toerental is er naast de sterke piek net boven de 100 Hz van de motor, die terugkomt als vloertrilling, een hoge piek te zien van de keerkoppeling tussen 70-80 Hz (tangentieel). Deze is terug te zien als trilling in de vloer en de bakboord wand.
Voor de slaapkamers bevinden de meeste pieken zich in de regio 100-200 Hz voor de microfoon op het lage toerental. Voor de bakboord slaapkamer zijn duidelijk pieken vanuit de motorruimte zichtbaar. De hoogste piek komt overeen met een excitatie van het vloerpaneel. Dominante vlakken in de bakboord slaapkamer zijn verder de achterwand (LF ook wel te zien) en bakboord wand (beiden voornamelijk HF).
Voor de stuurboord slaapkamer lijkt het microfoonsignaal uit meerdere licht verschoven pieken te bestaand. Dit is een artefact dat ontstaat door lichte variatie van het toerental tussen de verschillende paneelmetingen. De microfoonsignalen van de paneelmetingen zijn samengevoegd tot een gemiddeld spectrum. Ten opzichte van het lagere toerental zijn hogere frequenties relevanter geworden. Dit zowel voor de pieken als het breedbandige deel van het microfoonspectrum. De snelheden op de motorsteun tonen een duidelijke verschuVling van de piekfrequenties met het toerental. De hoogste piek zit nu hoger dan 100 Hz, waarbij zowel de normaal als de dwarscomponent van belang zijn.
In de stuurboord slaperkamer zijn de achterwand en stuurboord wand dominant (met name HF). De achterwand heeft de hoogste piek. Dit komt overeen met de ervaring dat in de slaapkamer vanuit de achterwand een ‘‘rattle’’ te horen is. Voor hoge rpm´s is ook hier de piek op de keerkoppeling gezien tussen 70-80 Hz, die zich door vertaalt in een vloerexcitatie.
Rond de 800 Hz is voor beide slaapkamers een losse piek te vinden in het microfoonsignaal. Deze kan interessant zijn voor verdere analyse.

* HF = hoogfrequent, LF = laagfrequent

Tabel VI.3: Frequentieanalyse

Woonkamer laag toerental	**Woonkamer hoog toerental**
	
Slaapkamer bakboord laag toerental	**Slaapkamer bakboord hoog toerental**
	
Slaapkamer stuurboord laag toerental	**Slaapkamer stuurboord hoog toerental**
	

In deze figuren kunnen we zien wat de bron is van deze pieken. Typische bronnen zijn de motordraaifrequentie en harmonischen hiervan. Een enkele cilinder heeft een ontsteekfrequentie van de helft van de omwentelingsfrequentie vanwege het 4-tact principe. Voor 8 cilinders is de totale ontsteekfrequentie hierdoor 4 maal de omwentelingsfrequentie. De reductiekast heeft een reductieoverbrenging van 4.13 en een 4 bladige schroef. De onderste rij in zwart is het A-gewogen microfoon signaal. Voor de kamers kunnen we zien dat er pieken zijn te vinden die overeenkomen met harmonischen van het motortoerental (--), maar ook die overeenkomen met de schroef. Hiermee kunnen we het pad vinden van bron naar kamer en vervolgens naar geluid voor de pieken. Let hierbij op dat vanwege de reductie van 4.13 in combinatie met een 4 bladige schroef het in het algemeen lastig is om de bronnen uit elkaar te houden, maar dat het desondanks in de figuren gelukt is een duidelijk onderscheid aan te geven.

Er bevinden zich in de woonkamer voor lage toerentallen veel microfoonpieken tussen de 4^{e} en 7^{e} orde van de motor. Er is een verband te zien met de pieken van de motor. De 1^{e} orde van de motor is als sterkste terug te zien in de pieken in de kamer voor lage toerentallen. Voor hoge toerentallen is de 1^{e} orde piek afkomstig van de keerkoppeling en niet van de motor. Deze piek zorgt voor grote pieken in de kamer. Dit is een bevestiging van het beeld van de piekanalyse. Ook de 3^{e} orde pieken in de kamers zijn afkomstig van de keerkoppeling, en niet van de motor. De pieken van de ontvangruimte rond de 4^{e} en 5^{e} orde laten wel een sterk verband zien met de motor.

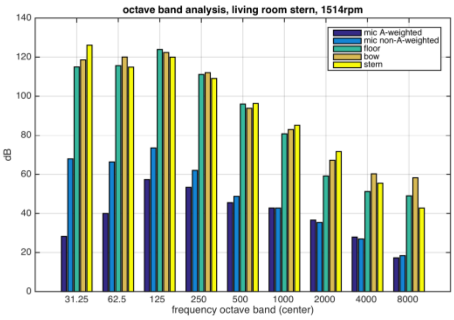
Voor de stuurboord slaapkamer is te zien dat harmonischen op de motorsteun gemeten goed overeenkomen met de geluidspieken in de kamer. De achterwand (in groen en blauw) is dominant voor de meeste pieken, de vloer (rood) heeft ook een bijdrage. Schroeffrequenties worden wel gevonden, voornamelijk in het lage frequentiegebied, maar zijn niet dominant. De schroeffrequenties komen voor hogere toerentallen duidelijker naar voren, maar de motorfrequenties zijn nog steeds dominant.

Merk op dat sommige pieken tussen twee motor harmonischen in zitten. Deze zijn dan harmonischen van de ontsteking van een enkele cilinder en kunnen duiden op onbalans.

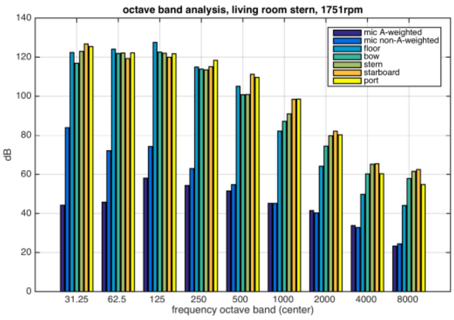
Er zijn voor de bakboord slaapkamer minder sterke pieken in het microfoonsignaal te zien. Het is duidelijk dat hier minder ‘‘rattle’’ is. Voor deze kamer zijn in de lagere toerentallen de motor dominant. Dominant in deze kamer zijn de vloer (rood) en de achterwand (blauw).

Tabel VI.4: Octaafbandanalyse

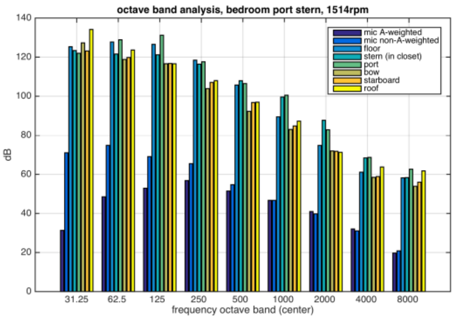
Woonkamer laag toerental



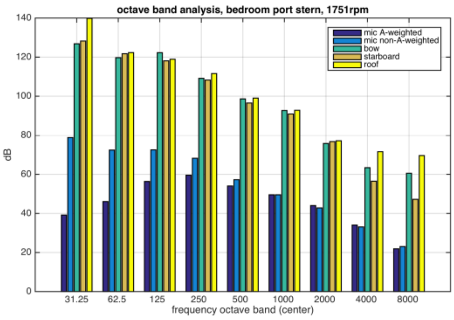
Woonkamer hoog toerental



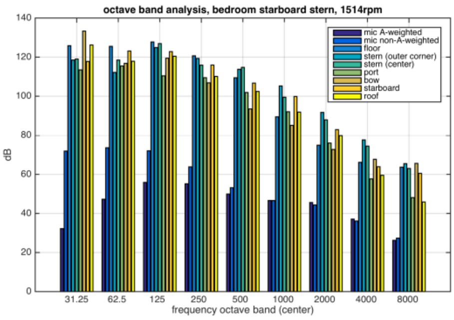
Slaapkamer bakboord laag toerental



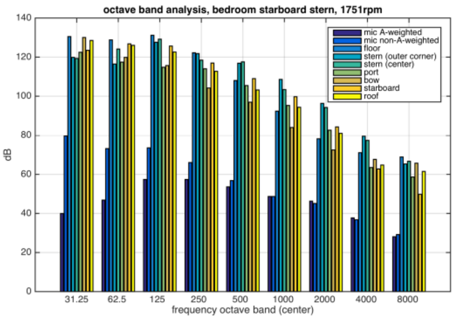
Slaapkamer bakboord hoog toerental



Slaapkamer stuurboord laag toerental

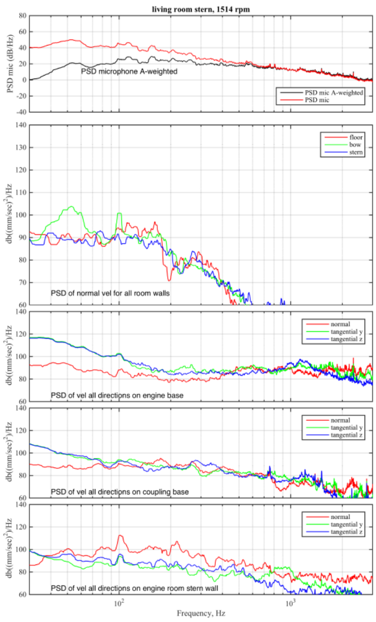


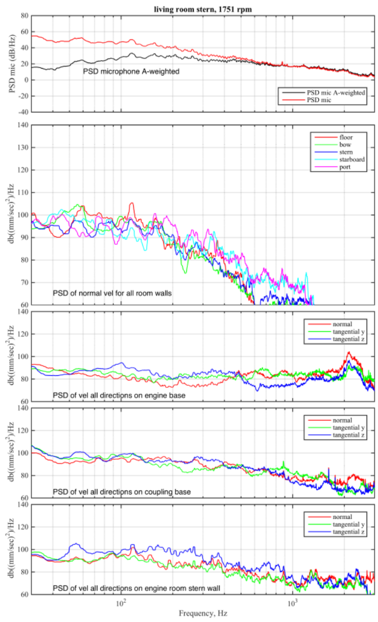
Slaapkamer bakboord hoog toerental

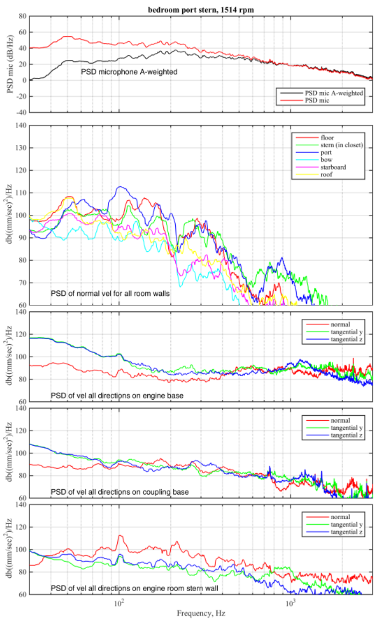


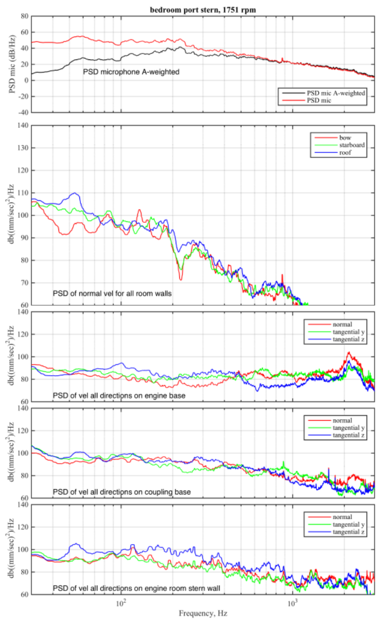
Voor de meest dominante band (A-gewogen) hebben de bakboord- en stuurboordwand een dominante bijdrage in de woonkamer. In de bakboord slaapkamer is de bakboordwand en de vloer dominant. In de stuurboord slaapkamer heeft de stuurboordwand en vloer de grootste contributie. Deze conclusies zijn vergelijkbaar met de piekanalyse.

Tabel VI.5: Median filteranalyse

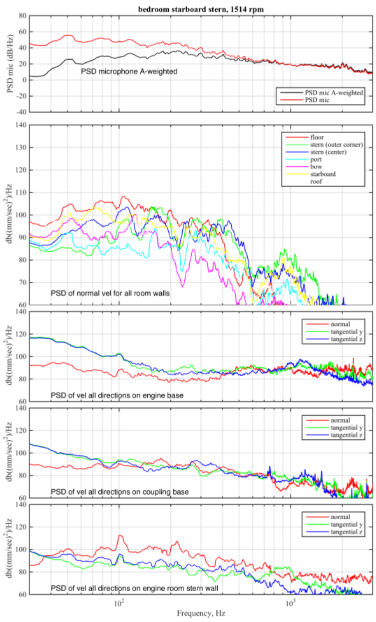
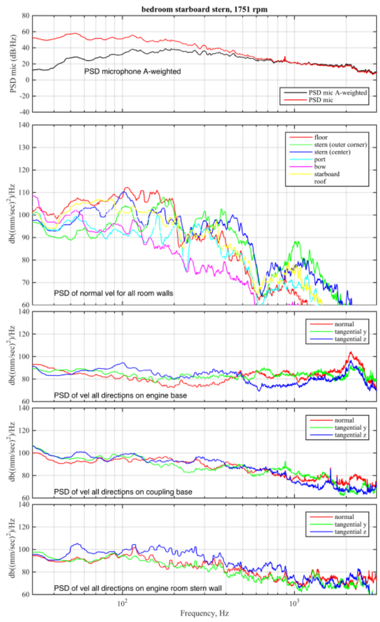
<table>
<tr><th>Woonkamer laag toerental</th><th>Woonkamer hoog toerental</th></tr>
<tr><td>


</td><td>


</td></tr>
<tr><th>Slaapkamer bakboord laag toerental</th><th>Slaapkamer bakboord hoog toerental</th></tr>
<tr><td>


</td><td>


</td></tr>
</table>

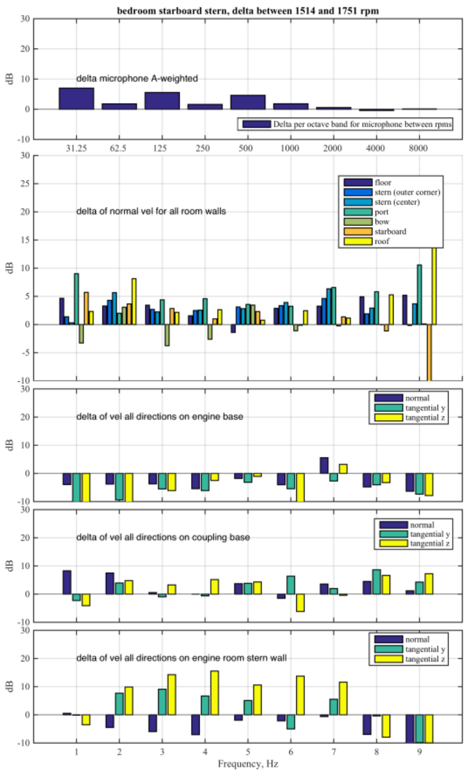
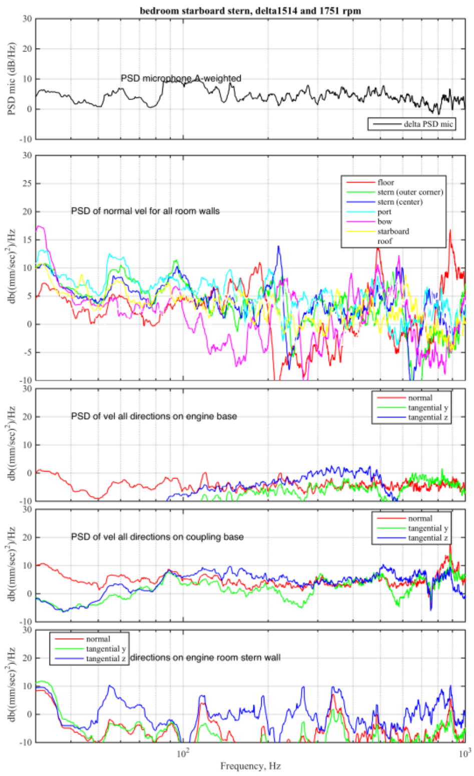
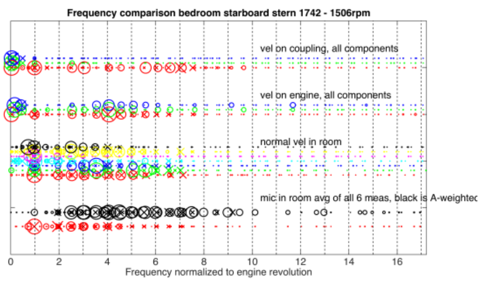
Slaapkamer stuurboord laag toerental	Slaapkamer stuurboord hoog toerental
	

Ook breedbandig hebben in de woonkamer de zijwanden een grote bijdrage (HF) en ook weer de vloer (LF). Dit is een bevestiging van de octaafbandanalyse. Rond de 100 Hz is een piek op de achterwand van de motorkamer terug te zien in een piek op vloer en voorwand. De achterwand van de motorkamer is niet direct verbonden met de woonkamer.

Voor de bakboord slaapkamer is weer de buitenste zijwand van belang.

In de stuurboordkamer zien we weer dat de vloer en het achterpaneel van belang zijn. De vloer heeft een hogere contributie in de lagere frequenties. Aan de motor en keerkoppeling spelen zowel dwars- als normaalkrachten een rol in de afgifte.

Tabel VI.6: Delta analyse

<table>
<tr><th>Slaapkamer stuurboord</th><th>Slaapkamer stuurboord</th></tr>
<tr><td>
</td><td>
</td></tr>
<tr><th>Slaapkamer stuurboord</th><th></th></tr>
<tr><td>
</td><td></td></tr>
</table>

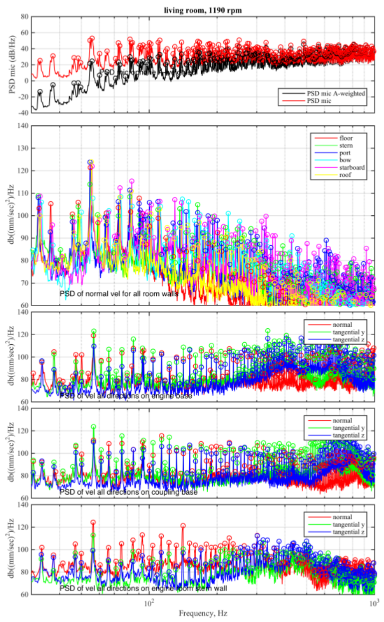
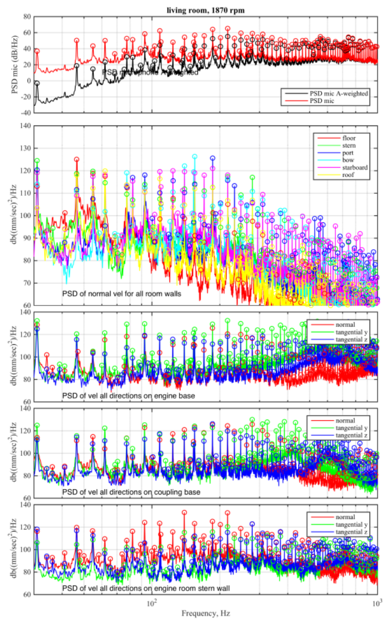
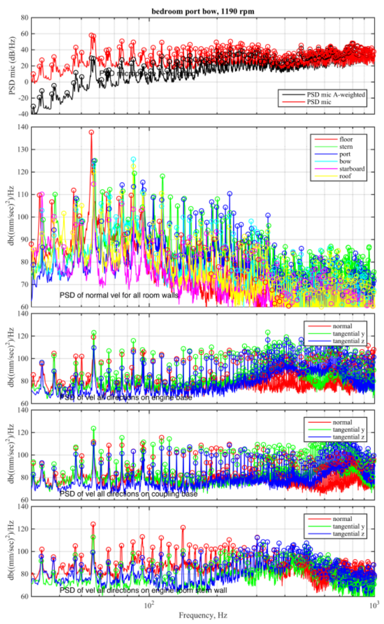
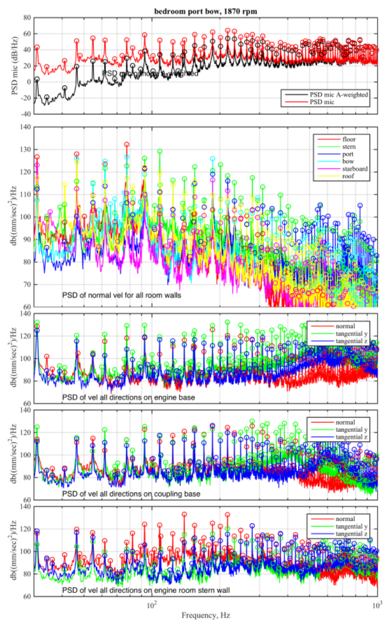
Uit de delta analyse komt naar voren dat de keerkoppeling duidelijk oorzaak is voor verhoging van de niveaus bij hoge toerentallen. Voor de verschillen in de octaafbandanalyse rond de lage frequenties is de delta van de keerkoppeling terug te zien in de delta's van de ontvangruimte. Voor hoge frequenties rond de 1000Hz is een verhoging van de normaal van de keerkoppeling terug te zien in hogere vloerexcitaties in de delta median filter. Dit bevestigt het beeld dat de keerkoppeling voor hoge rpm's een belangrijke bron blijkt te zijn. Breedbandig duidt dit echter ook op cavitatietrillingen die de scheepswand in trilling zetten.

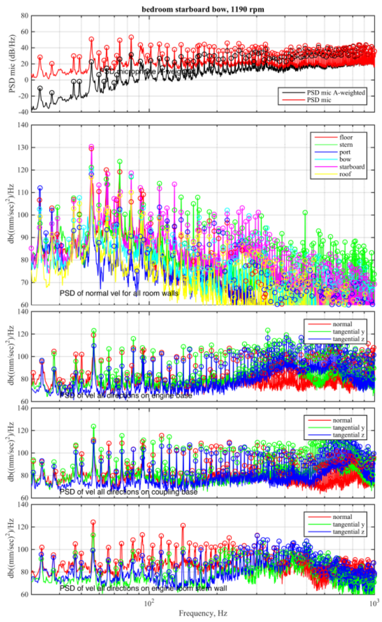
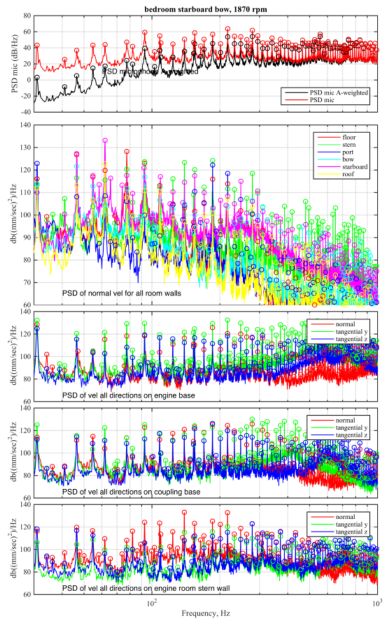
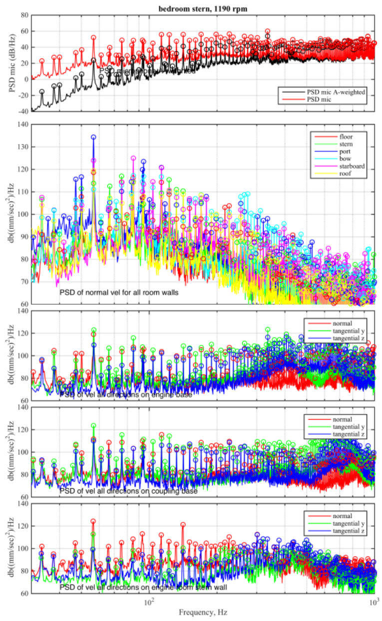
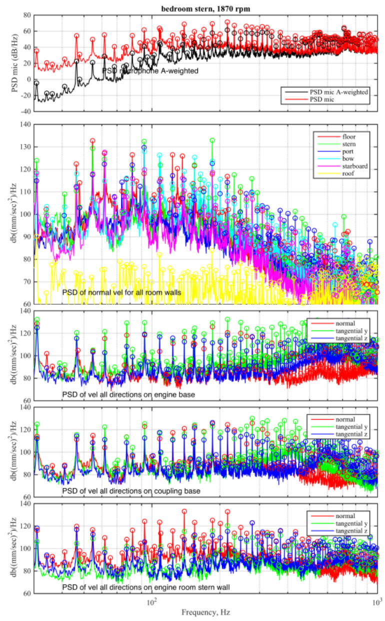
Samengevat:

- Piekanalyse: in alle ontvangruimtes zijn duidelijk spectrale pieken van de motorruimte terug te vinden. Een hoge piek bij 100 Hz, te zien in alle ontvangruimtes, is duidelijk zichtbaar op de motorsteun en het meest dominant in de tangentiële y-richting, wat zijwaarts dwars op het schip is.
- Frequentieanalyse: er zijn pieken die overeenkomen met harmonischen van het motortoerental, maar ook die overeenkomen met de schroef.
- Octaafbandanalyse:
    - Woonkamer: bakboordwand en stuurboordwand dominant.
    - Slaapkamer bakboord: bakboordwand, vloer dominant.
    - Slaapkamer stuurboord: achterwand, stuurboordwand, vloer dominant.
- Delta analyse:
    - De toename in de kamers komt duidelijk overeen met toename door de keerkoppeling
- Grensfrequentie: tussen de 1 en 4 kHz.

Meetresultaten Bobo

Tabel VI.7: Piekanalyse

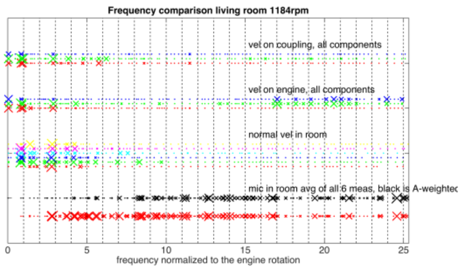
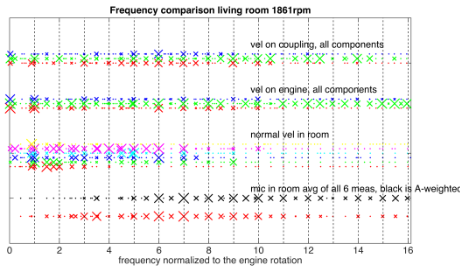
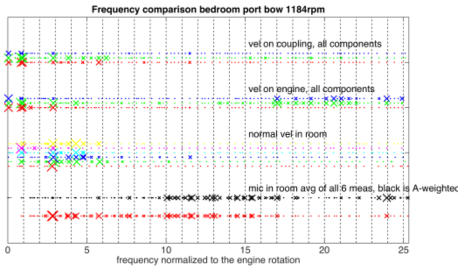
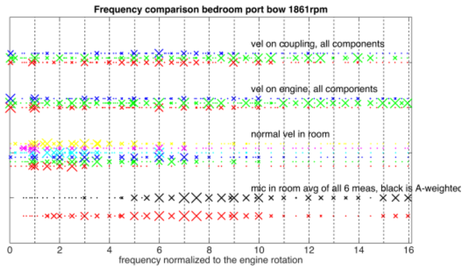
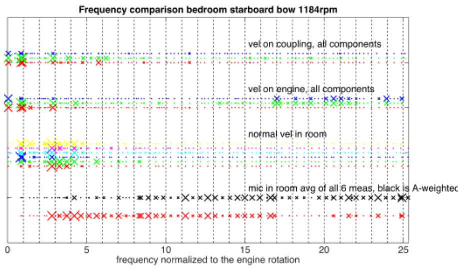
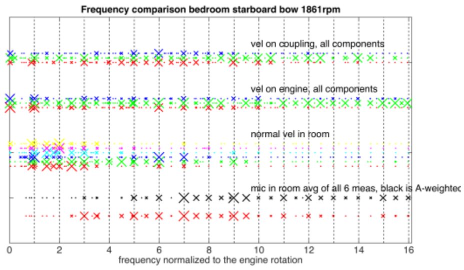
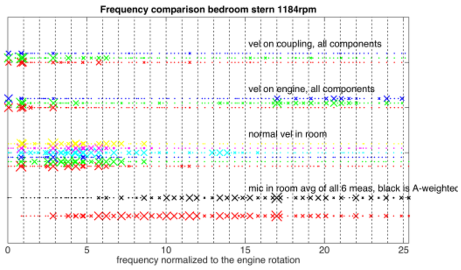
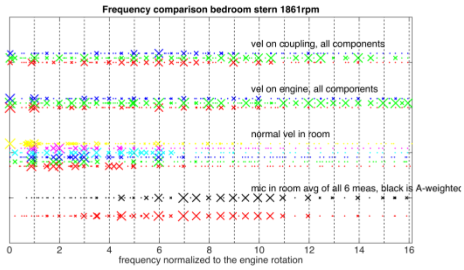
Woonkamer laag toerental	**Woonkamer hoog toerental**
	
Slaapkamer bakboord laag toerental	**Slaapkamer bakboord hoog toerental**
	

Slaapkamer stuurboord laag toerental	Slaapkamer stuurboord hoog toerental
	
Slaapkamer achter laag toerental	**Slaapkamer achter hoog toerental**
	

Het geluidsignaal bevat duidelijk pieken die overeenkomen met pieken op alle trillingsmetingen. Pieken van de motor en keerkoppeling in tangentiele richting zijn dominant en worden doorgegeven aan de normaalrichting op de achterwand van de machinekamer. Voor het toerental van 1190 omwentelingen per minuut (25% motorbelasting) is duidelijk in de figuur een dominante piek te vinden tussen de 50 en 60 Hz. Deze is te meten in dwarsrichting op de motor en normaalrichting op de koppeling. De meting komt ook overeen met een resonantie op dit toerental dat voelbaar was in het schip. De aangegeven piek is zichtbaar in de grafieken van alle kamers.

Voor hoge toerentallen is een verspreiding van pieken te zien. Er is niet meer één duidelijke piek aan te wijzen waar alle vlakken tezamen hun maximum kennen. De oorzaak ligt in de motorkamer, waar ook niet meer één duidelijke piek te zien is. De pieken verspreiden zich over hogere frequenties, boven de 100 Hz. Alleen in de stuurboord slaapkamer lijkt de verschoven piek terug te zien zijn rond 60-70 Hz.
De dominante afstralende vlakken in de woonkamer zijn hoogfrequent de zijwanden, (bakboord en stuurboord), en voor- en achterwand minder dominant.
In de bakboord slaapkamer heeft de vloer de grootste excitatie. Over het gehele spectrum genomen, lage en hoge toerentallen samen, zijn de dominante vlakken de achterwand en bakboord wand.
Deze genoemde piek voor hoge toerentallen in de stuurboord slaapkamer manifesteert zich met name in de vloer en de stuurboordwand. Over het hele spectrum genomen is de achterwand dominanter dan de vloer. De stuurboordwand is over het hele spectrum dominant.
De grootste piek in de achter slaapkamer is voor de bakboordwand. De bakboord en voorwand zijn dominant voor deze slaapkamer, met in mindere made de achterwand. De achterwand en vloer worden voor hoge toerentallen dominanter als afstralend vlak. Zij zijn laagfrequent verantwoordelijk voor de grootste excitatie.
De locatie van de afstralende vlakken is logisch aan te wijzen. De voorste slaapkamers (stuurboord en bakboord) ontvangen de trillingen via de buitenwand van het schip. De achterste slaapkamer wordt aangeslagen door wanden grenzend aan de machinekamer, zoals de voorwand.

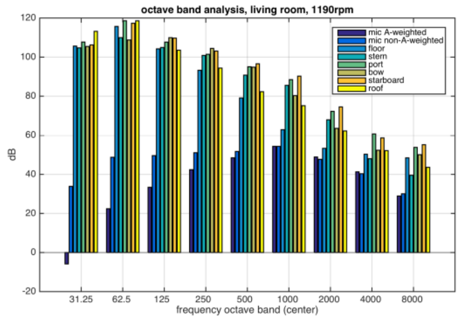
Tabel VI.8: Frequentieanalyse

<table>
<tr><td>Woonkamer laag toerental</td><td>Woonkamer hoog toerental</td></tr>
<tr><td>
</td><td>
</td></tr>
<tr><td>Slaapkamer bakboord laag toerental</td><td>Slaapkamer bakboord hoog toerental</td></tr>
<tr><td>
</td><td>
</td></tr>
<tr><td>Slaapkamer stuurboord laag toerental</td><td>Slaapkamer stuurboord hoog toerental</td></tr>
<tr><td>
</td><td>
</td></tr>
<tr><td>Slaapkamer achter laag toerental</td><td>Slaapkamer achter hoog toerental</td></tr>
<tr><td>
</td><td>
</td></tr>
</table>

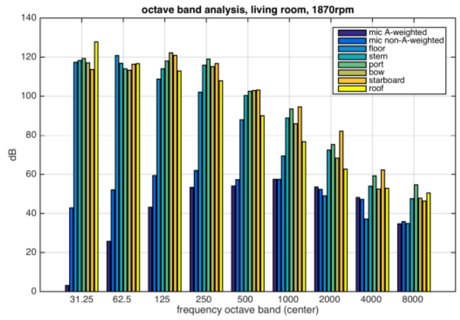
De gevonden pieken op de panelen en in het geluidssignaal komen overeen met hele en halve orden van de hoofdmotor. Voor de woonkamer bevinden zich voor lage toerentallen de grootste pieken niet op de orden van de motor. De grootste piek bevindt zich tussen de 3^e en 4^e orde van de motor. Hier zijn schroeffrequenties dus verantwoordelijk. Voor hogere toerentallen zijn motorfrequenties wel dominant. De pieken in de slaapkamers bevestigen dit beeld.

Tabel VI.9: Octaafbandanalyse

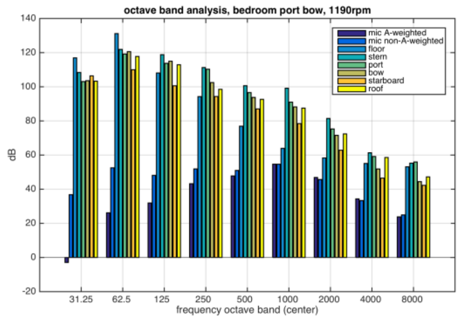
Woonkamer laag toerental



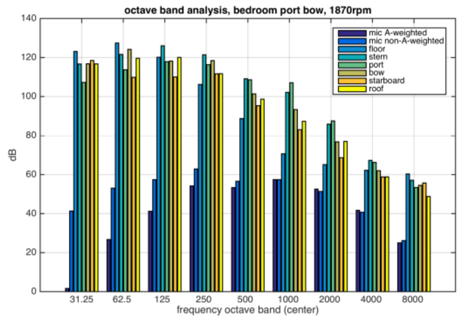
Woonkamer hoog toerental



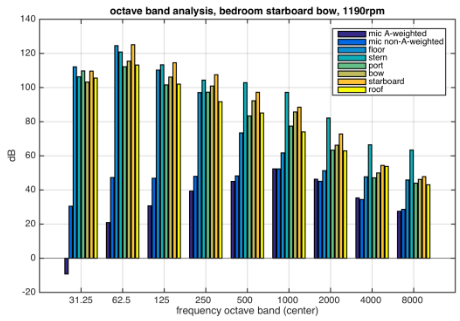
Slaapkamer bakboord laag toerental



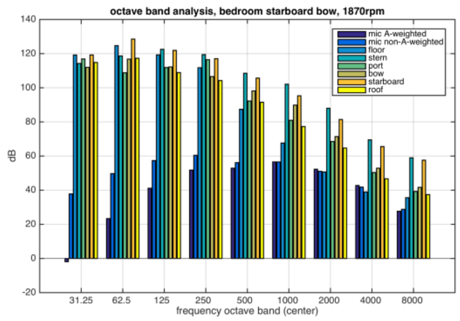
Slaapkamer bakboord laag toerental



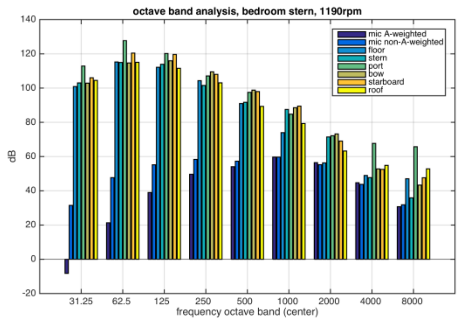
Slaapkamer stuurboord laag toerental



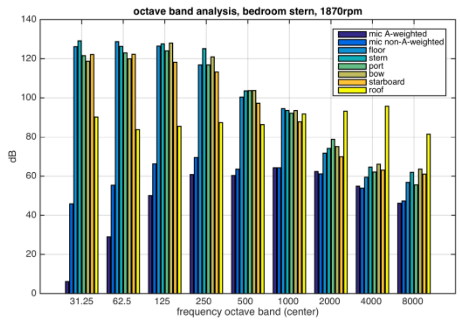
Slaapkamer stuurboord hoog toerental



Slaapkamer achter laag toerental

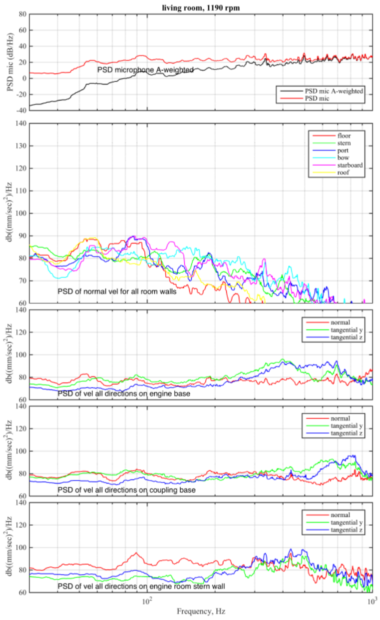


Slaapkamer achter hoog toerental

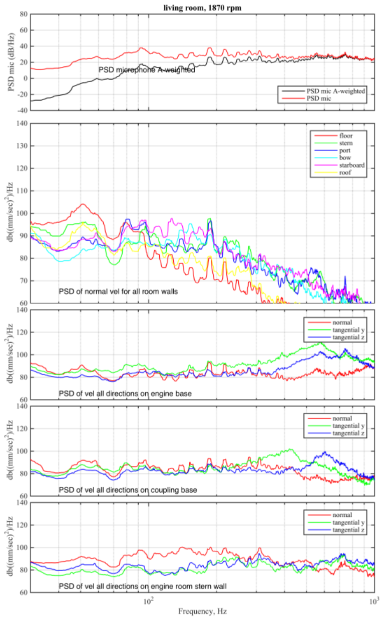


Tabel VI.10: Median filter

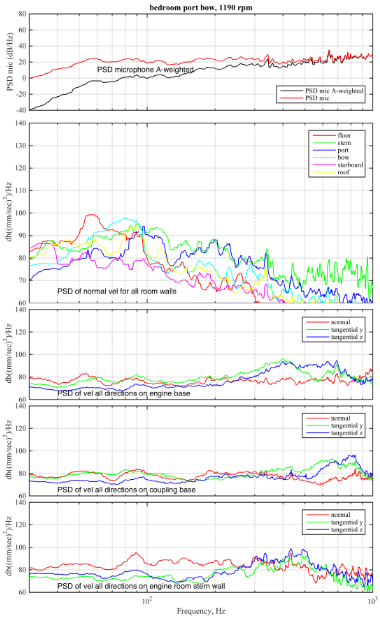
Woonkamer laag toerental



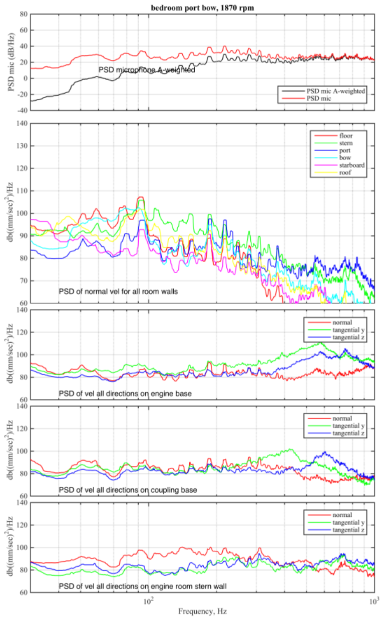
Woonkamer hoog toerental

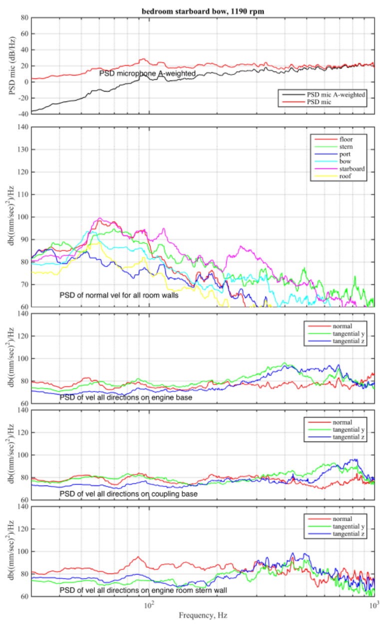
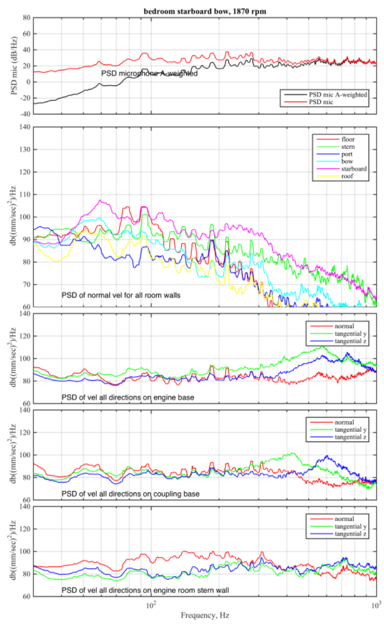
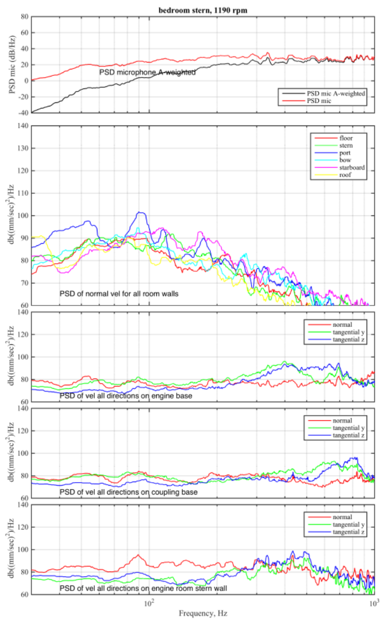
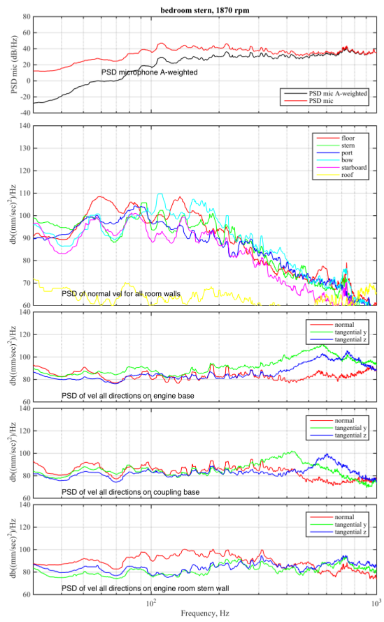


Slaapkamer bakboord laag toerental



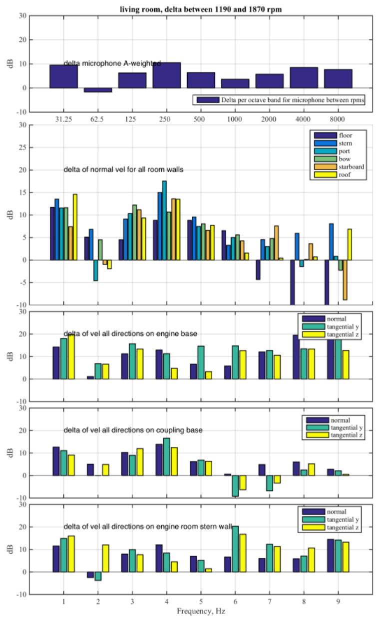
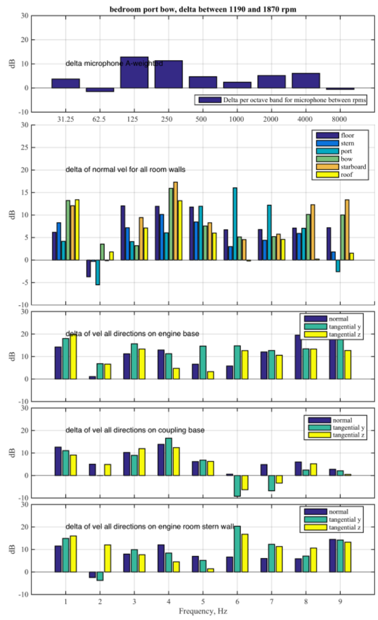
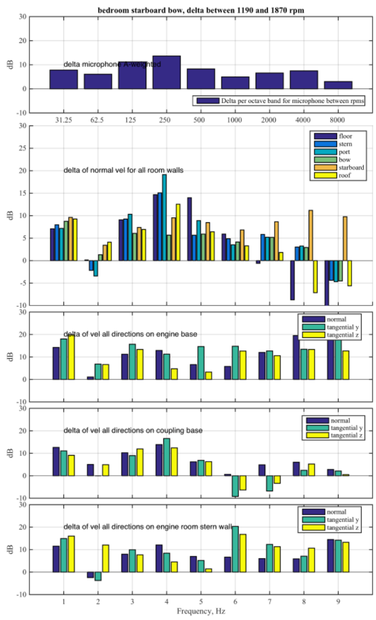
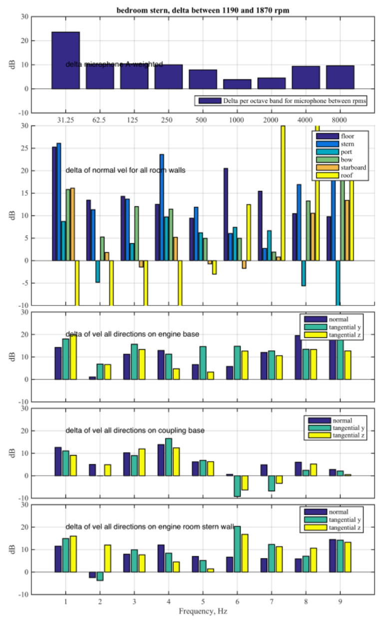
Slaapkamer bakboord hoog toerental



<table>
<tr><th>Slaapkamer stuurboord laag toerental</th><th>Slaapkamer stuurboord hoog toerental</th></tr>
<tr><td>
</td><td>
</td></tr>
<tr><th>Slaapkamer achter laag toerental</th><th>Slaapkamer achter hoog toerental</th></tr>
<tr><td>
</td><td>
</td></tr>
</table>

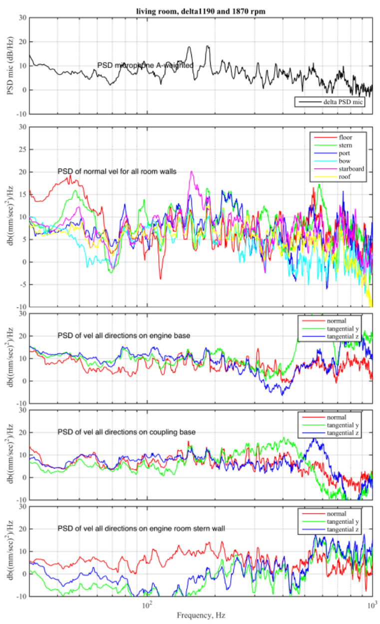
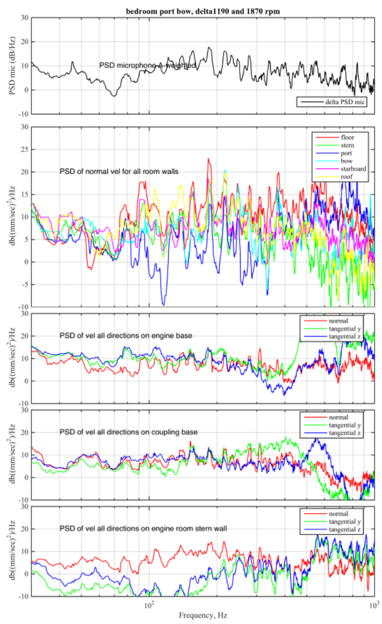
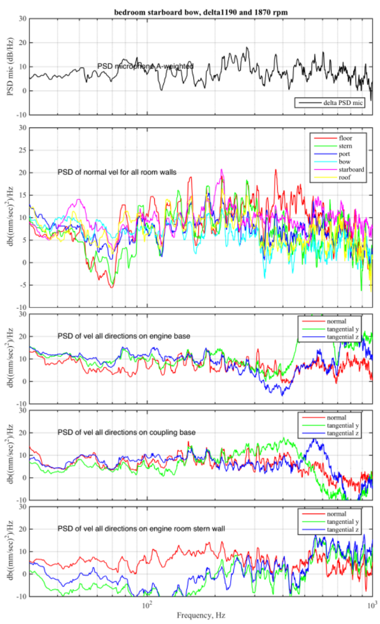
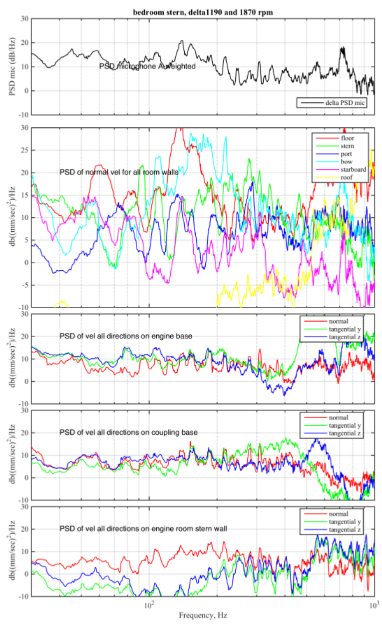
De octaafbandanalyse en breedbandanalyse bevestigen de dominantie van de afstralende vlakken uit de smalbandige analyse. De bijdrage van de vloer in de slaapkamers wordt echter wel duidelijker hieruit. Dat vlak is dus als belangrijk afstralend vlak toegevoegd aan de tabel.

Tabel VI.11a: Delta analyse (octaafbandanalyse)

Woonkamer	**Slaapkamer bakboord**
	
Slaapkamer stuurboord	**Slaapkamer achter**
	

Veranderingen in niveaus zijn direct terug te herleiden naar verschillen in de keerkoppeling, met name in normaalrichting.

Tabel VI.11b: Delta analyse (median filter)

Woonkamer	**Slaapkamer bakboord**
	
Slaapkamer stuurboord	**Slaapkamer achter**
	

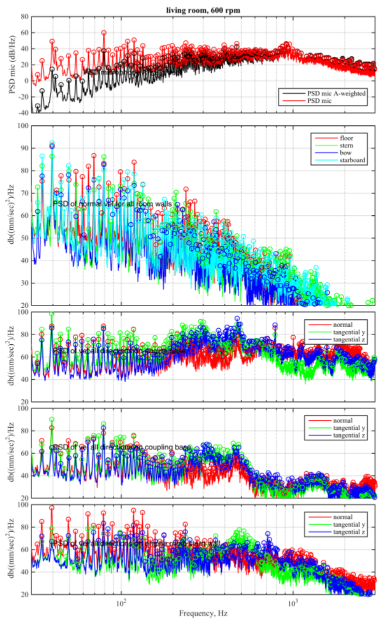
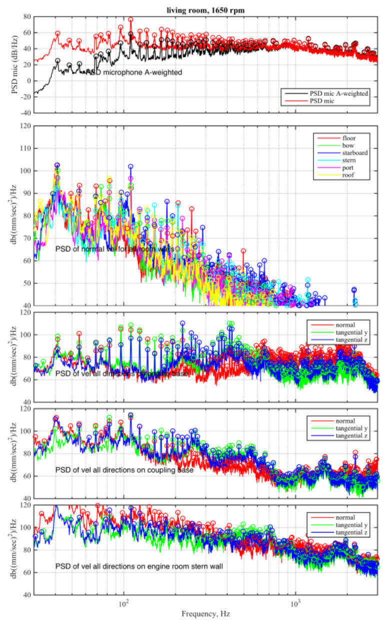
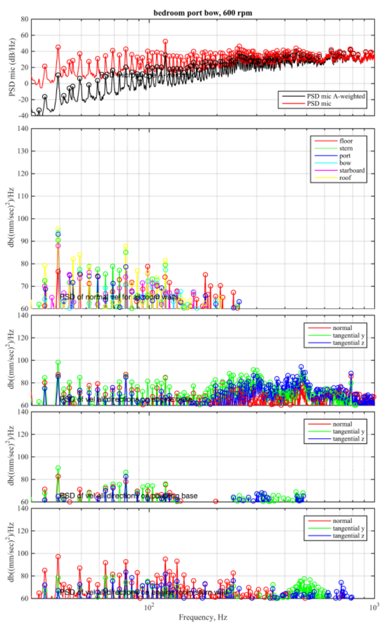
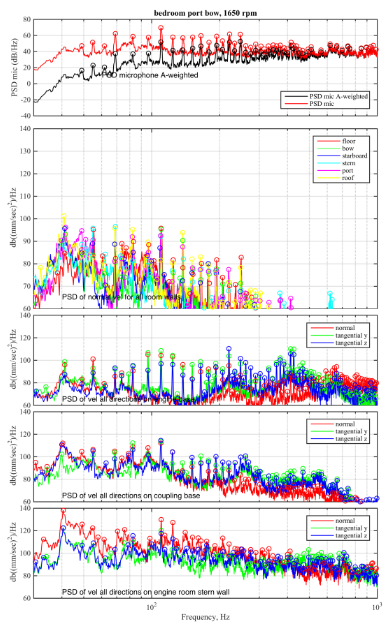
Er is een algehele toename te vinden in geluidsdruk van ca. 10 dB verdeeld over het frequentiebereik. Voor de slaapkamers laat het vloerpaneel de grootste toename zien, voornamelijk in het bereik 100-400 Hz. In de woonkamer zijn dit de zijwanden. De motor en koppeling vertonen vergelijkbaar gedrag. Wat opvalt is een verschuiving in het 400-800 Hz gebied voor de koppeling en motor. Deze verschuiving lijkt te verschalen met het verschil in toerental.

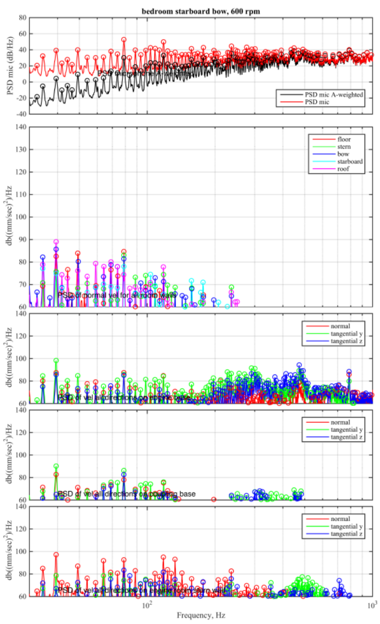
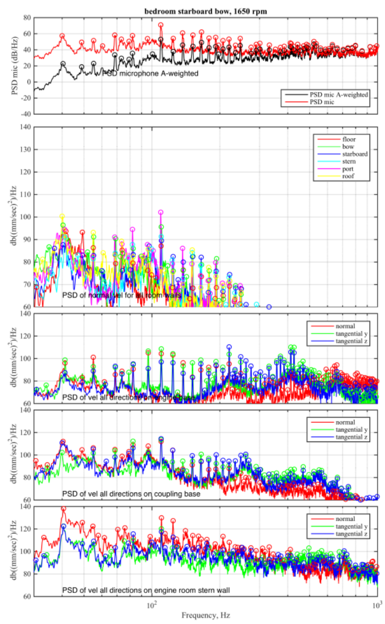
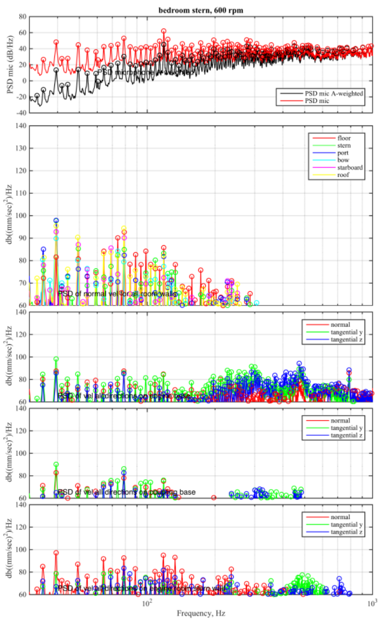
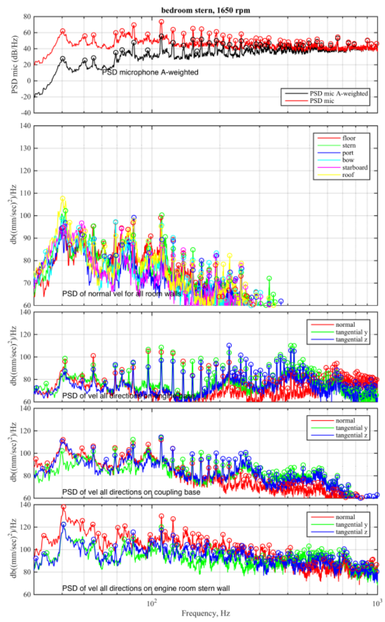
Samengevat:

- Piekanalyse: Er is op lage toerentallen een sterke resonantie te vinden op 50-60 Hz. Deze resonantie is bevestigd door de schipper. Voor sommige kamers is een lichte verschuiving in frequentie tussen metingen, zodoende zijn er soms dubbele pieken.
- Frequentieanalyse: Motorpieken zijn over het algemeen dominant, maar schroefpieken zijn ook zichtbaar.
- Octaafbandanalyse: De meest dominante band is 1000 Hz voor alle ruimten:
    - Woonkamer: zijwanden zijn dominant, dan achterwand
    - Bakboord slaapkamer: achterwand meest dominant, dan bakboord
    - Stuurboord slaapkamer: meest dominant is de achterwand, dan stuurboord wand
    - Slaapkamer achter: voorwand en stuurboordwand zijn dominant
- Delta analyse tussen de toerentallen:
    - Bakboord slaapkamer: de meeste toename is in de 125 en 250 Hz banden alsmede de 2 en 4 kHz banden. Voor de 1000 Hz band is de achterwand sterk toegenomen. Het toenameprofiel is voornamelijk zichtbaar op de keerkoppeling en de motor (normaal).
    - Stuurboord slaapkamer: zelfde als bakboord slaapkamer, maar nu draagt de achterwand dominant bij in de 250 Hz band.
    - Slaapkamer achter: sterke toename in de 31.5 Hz band, en 10 dB in de volgende banden: 62.5, 125, 500 Hz en 4 en 8 kHz? Alleen de 1 en 2 kHz banden blijven achter. Toename is op de vloer en voorwand.
- Grensfrequenties: rond de 2-4 kHz.

Meetresultaten Kreeft

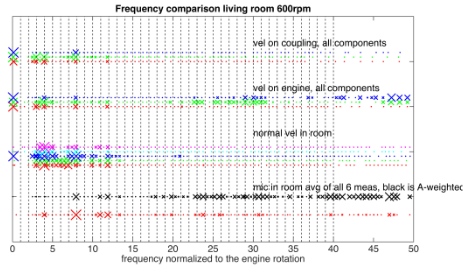
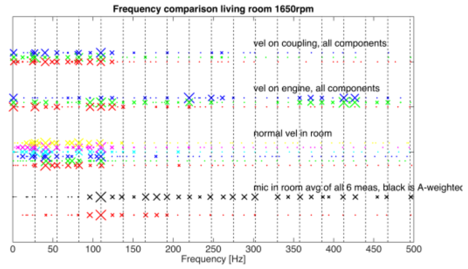
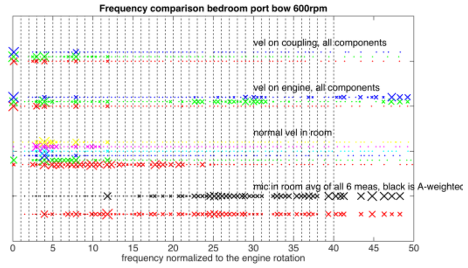
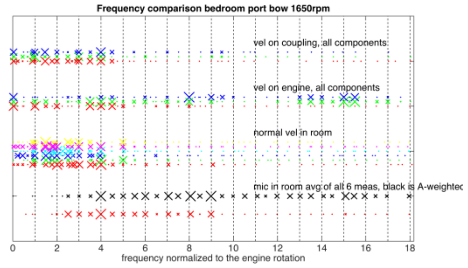
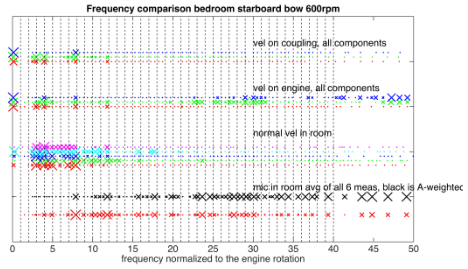
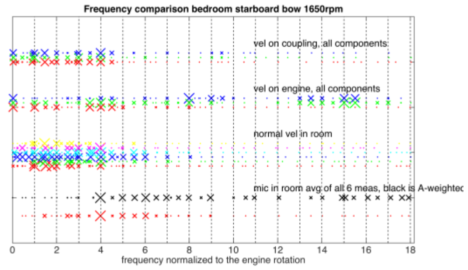
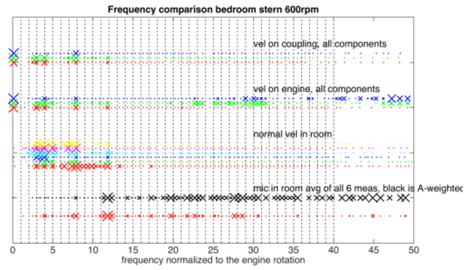
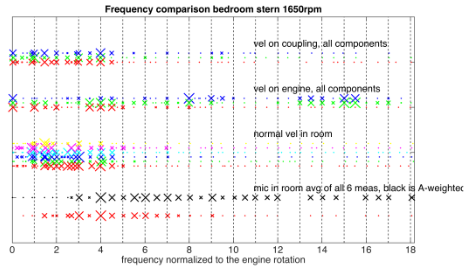
Tabel VI.12: Piekanalyse

Woonkamer laag toerental	**Woonkamer hoog toerental**
	
Slaapkamer bakboord laag toerental	**Slaapkamer bakboord hoog toerental**
	

Slaapkamer stuurboord laag toerental	Slaapkamer stuurboord hoog toerental
	
Slaapkamer achter laag toerental	**Slaapkamer achter hoog toerental**
	

Voor alle ontvangruimtes is een hoge piek zichtbaar in de ontvangruimtes rond 40 Hz. Deze piek is terug te zien in de motor en mindere mate de keerkoppeling (tangentieel), en wordt overgebracht op de achterwand van de motorkamer (normaal). Er is geen dominant vlak aan te wijzen.

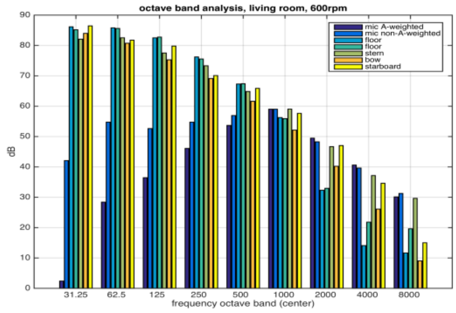
Tabel VI.13: Frequentieanalyse

<table>
<tr><td>Woonkamer laag toerental</td><td>Woonkamer hoog toerental</td></tr>
<tr><td>
</td><td>
</td></tr>
<tr><td>Slaapkamer bakboord laag toerental</td><td>Slaapkamer bakboord hoog toerental</td></tr>
<tr><td>
</td><td>
</td></tr>
<tr><td>Slaapkamer stuurboord laag toerental</td><td>Slaapkamer stuurboord hoog toerental</td></tr>
<tr><td>
</td><td>
</td></tr>
<tr><td>Slaapkamer achter laag toerental</td><td>Slaapkamer achter hoog toerental</td></tr>
<tr><td>
</td><td>
</td></tr>
</table>

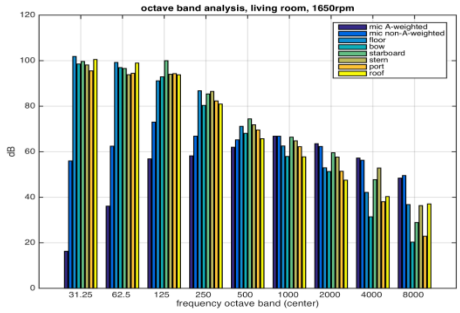
De motorfrequenties zijn dominant. De 4^{e} orde piek is dominant in het geluidssignaal. Tussen de 2^{e} en 3^{e} orde is een enigszins dominante schroeffrequentie te zien in de afgestraalde vlakken.

Tabel VI.14: Octaafbandanalyse

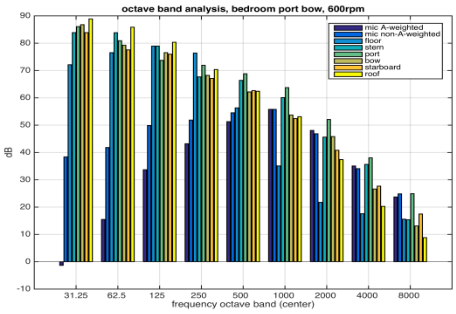
Woonkamer laag toerental



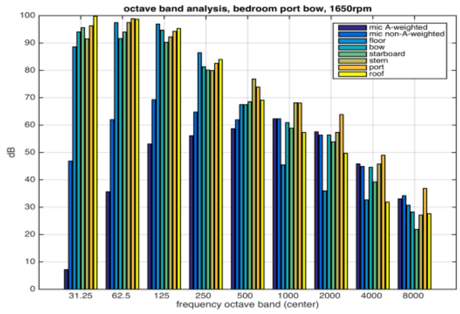
Woonkamer hoog toerental



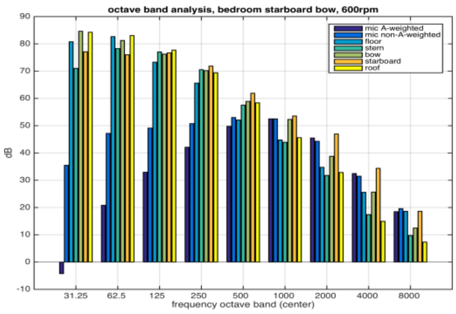
Slaapkamer bakboord laag toerental



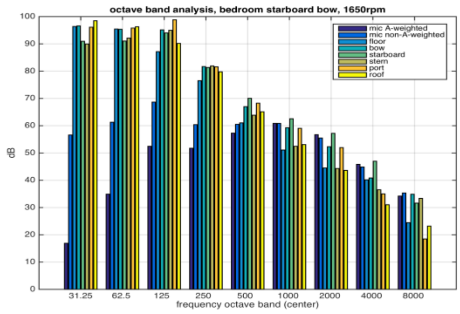
Slaapkamer bakboord hoog toerental



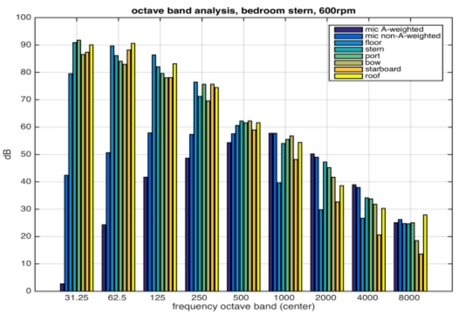
Slaapkamer stuurboord laag toerental



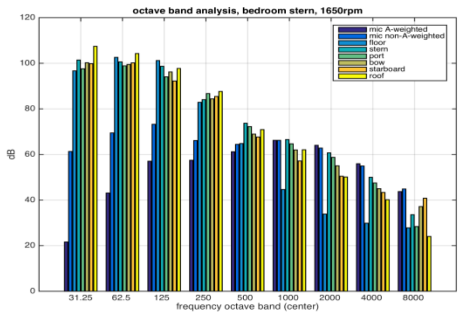
Slaapkamer stuurboord hoog toerental



Slaapkamer achter laag toerental

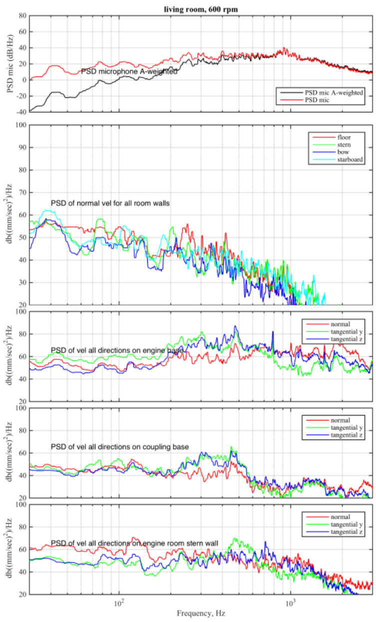
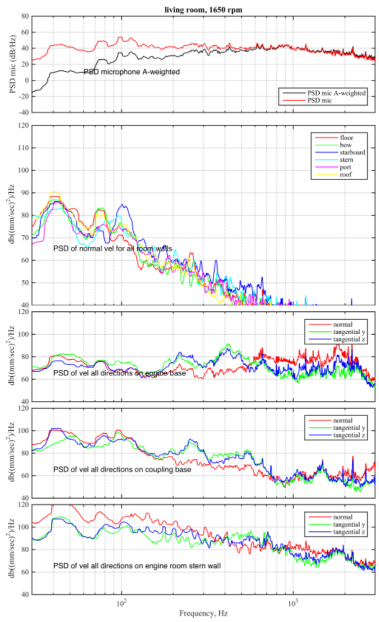
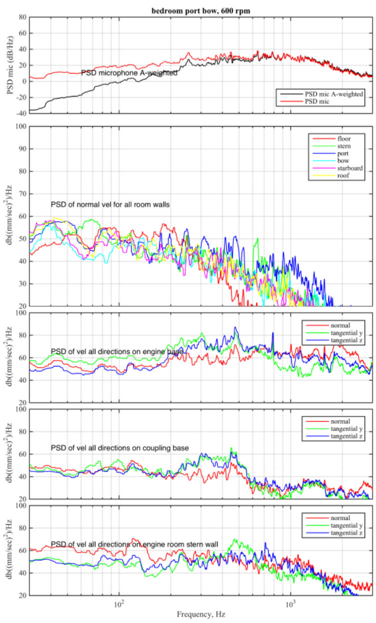
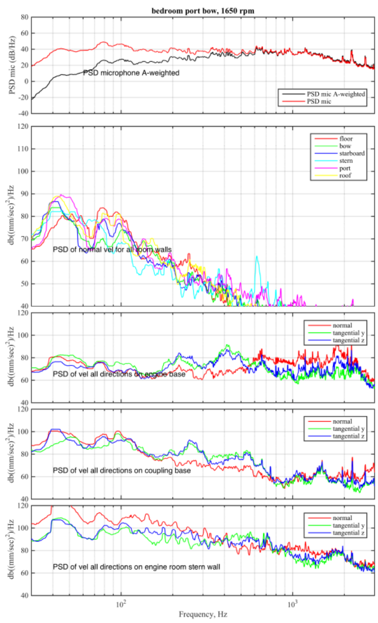


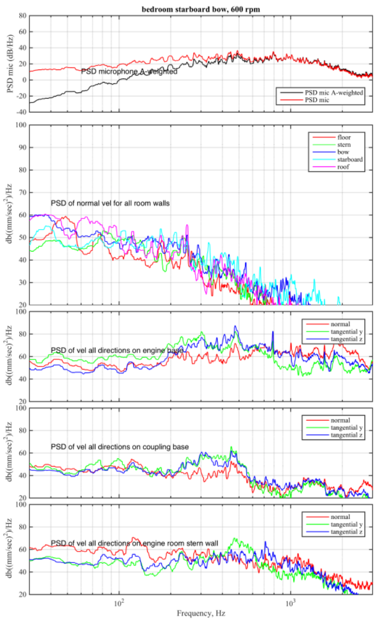
Slaapkamer achter hoog toerental

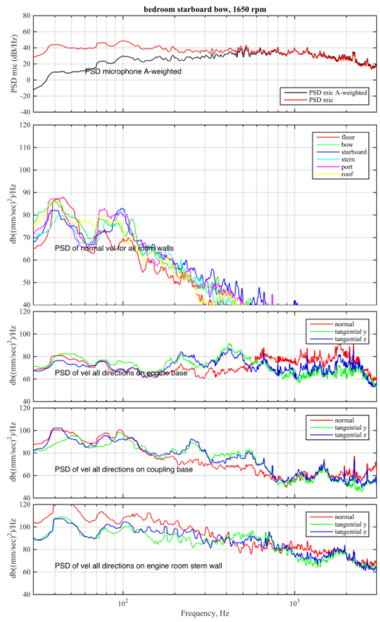


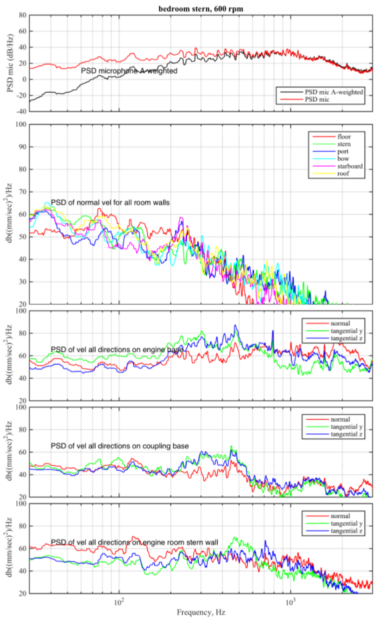
De octaafbandanalyse geeft een iets duidelijker beeld over de dominante vlakken in het schip. Voor de bakboord slaapkamer is de bakboord wand dominant (HF) en de vloer (hoge toerentallen). In de stuurboord slaapkamer zijn de stuurboord wand (HF) dominant en de vloer en voorwand (lage toerentallen).
In de slaapkamer achter en in de woonkamer zijn geen dominante vlakken, alle vlakken dragen bij, al lijkt de stuurboordwand in de woonkamer enigszins dominant. Dit was de buitenzijde van het schip.

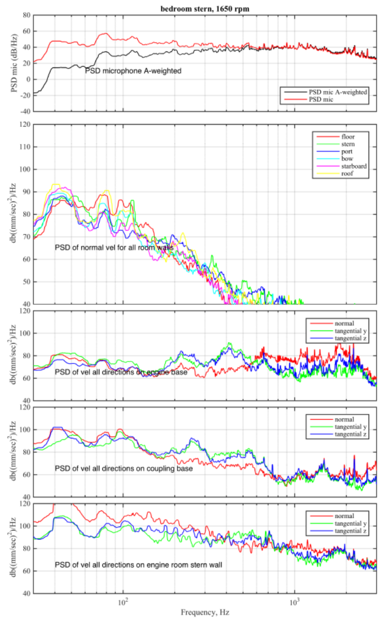
Tabel VI.15: Median filter

Woonkamer laag toerental	**Woonkamer hoog toerental**
	
Slaapkamer bakboord laag toerental	**Slaapkamer bakboord hoog toerental**
	

<table>
<tr><th>Slaapkamer stuurboord laag toerental</th><th>Slaapkamer stuurboord hoog toerental</th></tr>
<tr><td>


</td><td>


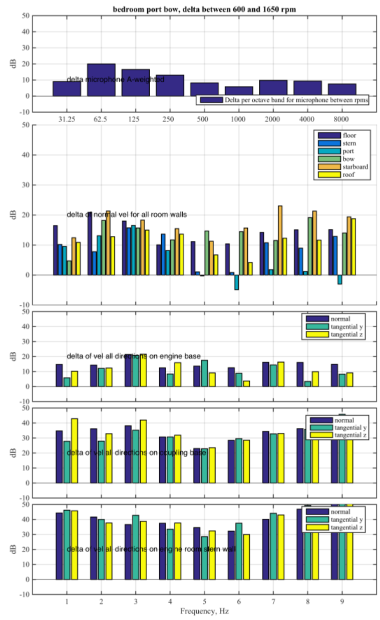
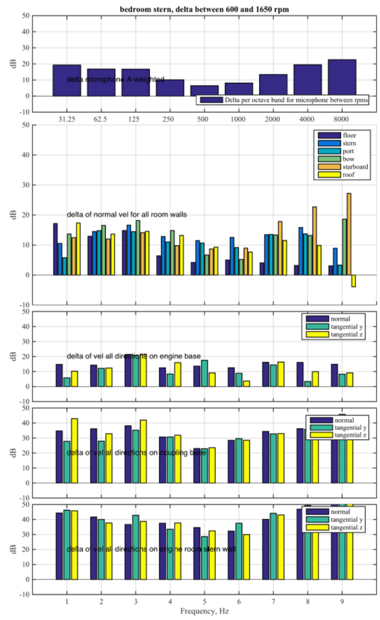
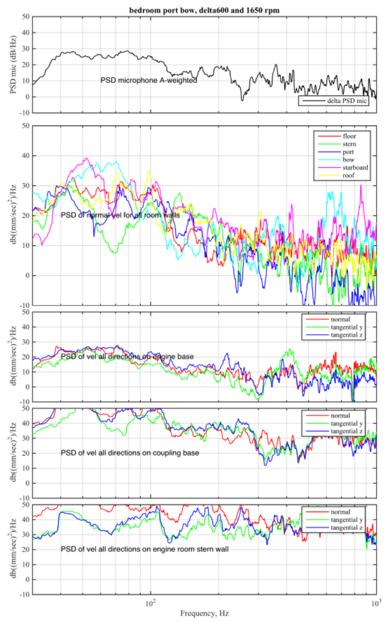
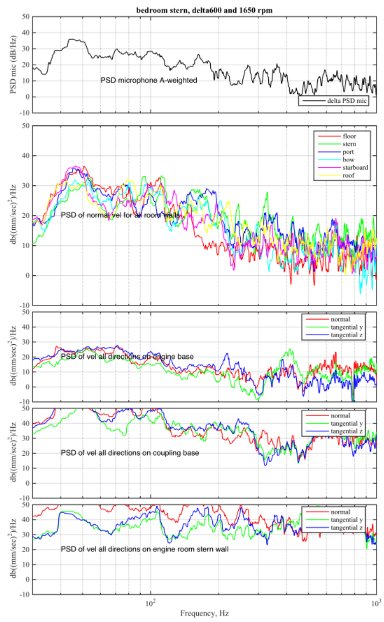
</td></tr>
<tr><th>Slaapkamer achter laag toerental</th><th>Slaapkamer achter hoog toerental</th></tr>
<tr><td>


</td><td>


</td></tr>
</table>

Hoge toerentallen bevestigen de eerder genoemde dominante vlakken. Voor de stuurboord slaapkamer blijken achterwand en bakboord ook dominant (alle wanden dus).

Tabel VI.16: Delta analyse

<table>
<tr><td>Slaapkamer bakboord</td><td>Slaapkamer achter</td></tr>
<tr><td>
</td><td>
</td></tr>
<tr><td>Slaapkamer bakboord</td><td>Slaapkamer achter</td></tr>
<tr><td>
</td><td>
</td></tr>
</table>

Bij de octaafbandvergelijking is te zien dat vooral de keerkoppeling verantwoordelijk is voor de verschillen tussen toerentallen. Deze verschillen zijn rechtstreeks terug te zien in de delta's van de ontvangruimte. In de median filter vergelijking is een verhoging van 10-30 dB te zien in de ontvangkamers. De grootste veroorzaker is zoals ook in andere schepen te zien was de keerkoppeling (en de normaalrichting van de achterwand van de machinekamer).

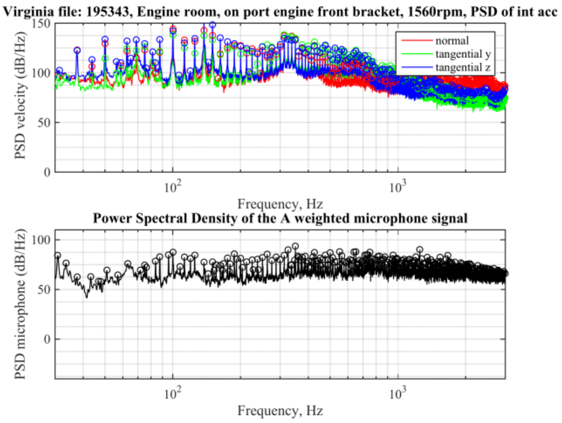
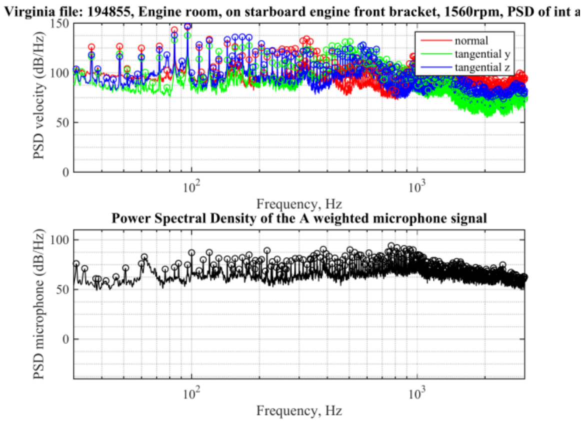
Samengevat:

- Er zijn grote toerentalverschillen gevonden tussen de metingen. De figuren zijn aangepast voor grotere amplitudeverschillen.
- Piekanalyse: Motorpieken zijn duidelijk zichtbaar in de ontvangruimtes.
- Frequentieanalyse: de 4^{e} orde piek is dominant in het geluidssignaal. Er zijn ook schroeffrequenties zichtbaar.
- Octaafbandanalyse: 1kHz band heeft de hoogste A-gewogen excitatie
    - Bakboord slaapkamer: achterwand en bakboordwand dominant
    - Stuurboord slaapkamer: voorwand en stuurboordwand dominant
    - Slaapkamer achter: achter- en linkerwand dominant
    - Woonkamer: vloer dominant mede vanwege oppervlakte, daarna achterwand en stuurboordwand
- Delta analyse:
    - De bakboord slaapkamer heeft de meeste toename in de 62.5 t/m 250 Hz banden. De 1 kHz band geeft de minste toename. Het profiel van toename is het meest te herkennen op de koppeling in (octaafbandanalyse) en motor (gefilterde spectrum)
    - Slaapkamer achter: voornaamste toename is in de hogere en lagere octaafbanden, koppeling correleert het beste in de vorm (gefilterde spectra)
- Grensfrequentie: rond de 1 kHz.

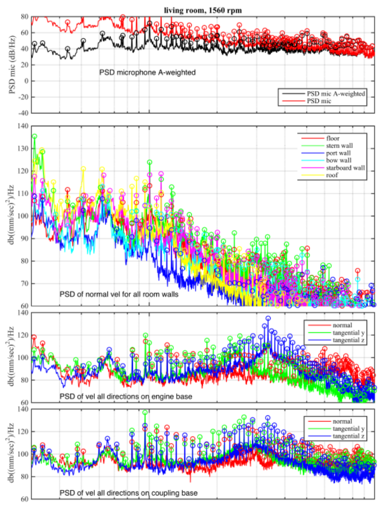
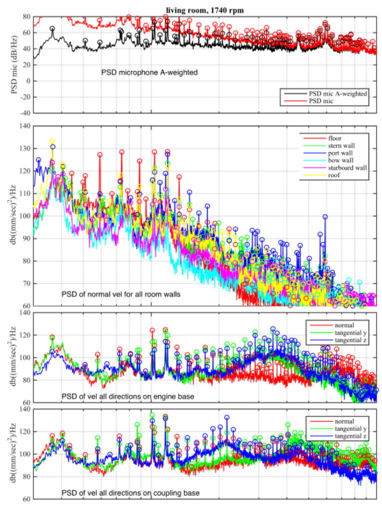
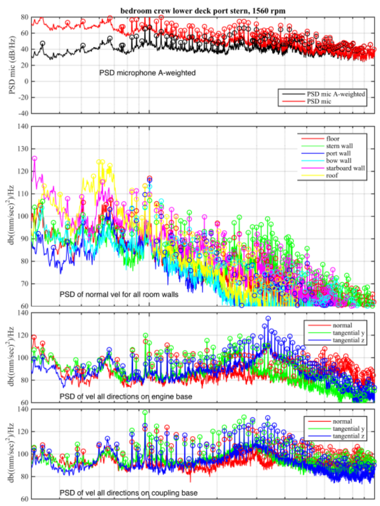
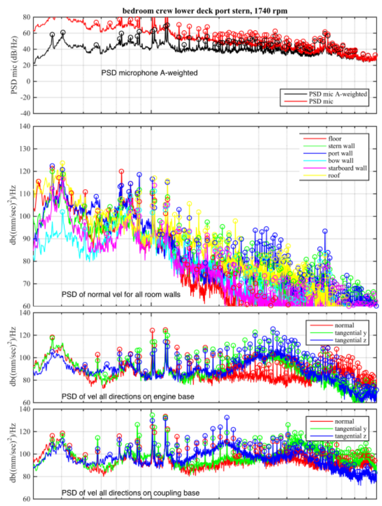
Meetresultaten Virginia

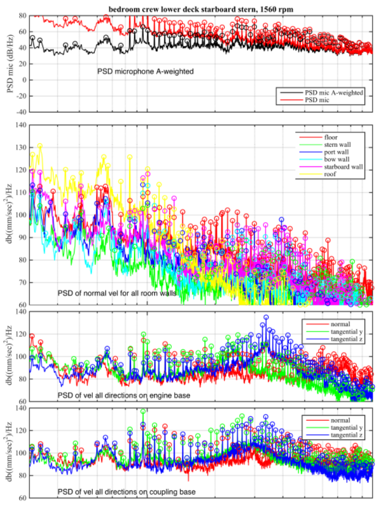
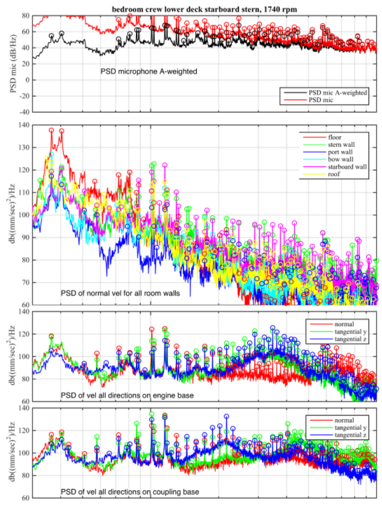
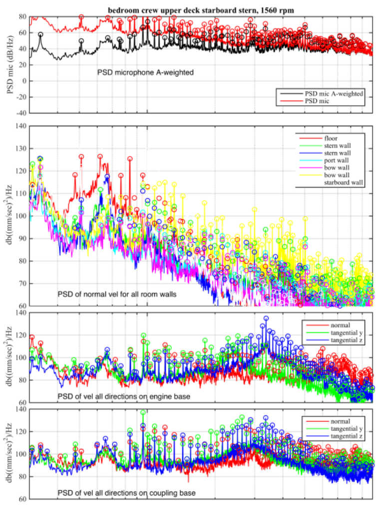
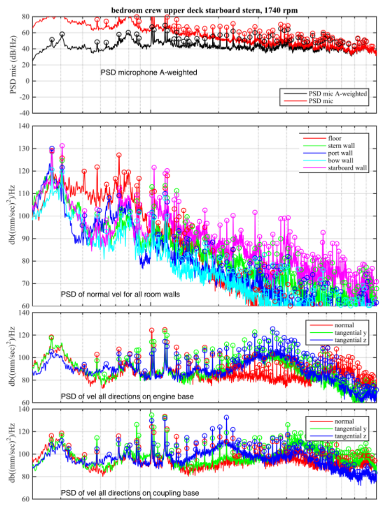
Opm.: De Virginia heeft 2 motoren met verschillende verhouding in de tandwielkasten. Zodoende varieert het motortoerental. In de twee figuren hieronder kan het verschil in frequenties tussen de twee motoren gezien worden:

Tabel VI.17: Variaties in motortoerentallen

Motor bakboord	**Motor stuurboord**
	

Tabel VI.18 : Piekanalyse

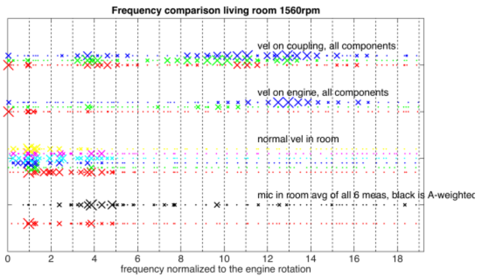
Woonkamer laag toerental	**Woonkamer hoog toerental**
	
Slaapkamer bakboord onder laag toerental	**Slaapkamer bakboord onder hoog toerental**
	

Slaapkamer stuurboord onder laag toerental	Slaapkamer stuurboord onder hoog toerental
	
Slaapkamer stuurboord boven laag toerental	**Slaapkamer stuurboord boven hoog toerental**
	

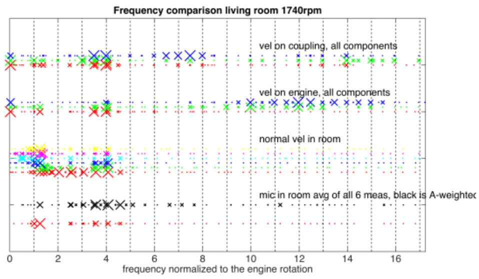
In de spectrum van alle figuren zijn een aantal gebieden te identificeren met een hogere amplitude, bijvoorbeeld rond 60 Hz bij 1560 toeren. In de figuren voor 1740 toeren is op te merken dat dit gebied met hogere amplitude mee verschuift met het toerental. In de woonkamer zijn plafond (LF) en achterwand dominant. Interessant is dat voor zowel de woonkamer als de bakboord slaapkamer geldt dat met lage toerentallen de stuurboordwand dominant is, en met hoge toerentallen de bakboord wand. Voor de stuurboord slaapkamers zijn de stuurboordwanden altijd dominant. De stuurboordslaapkamer onder heeft ook een dominante achterwand. Vloer en plafond zijn in de slaapkamers ook enigszins belangrijk.

Tabel VI.19: Frequentieanalyse

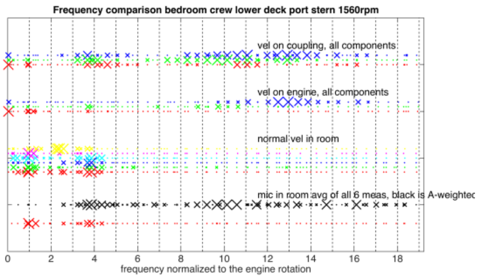
Woonkamer laag toerental



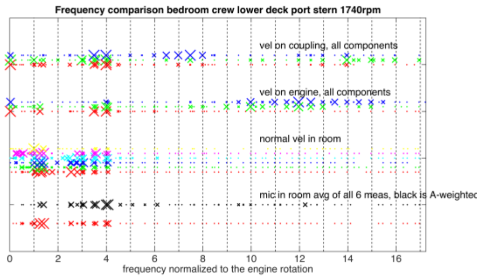
Woonkamer hoog toerental



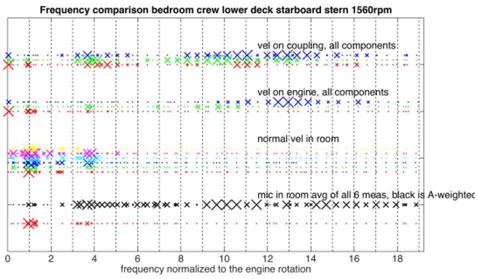
Slaapkamer bakboord onder laag toerental



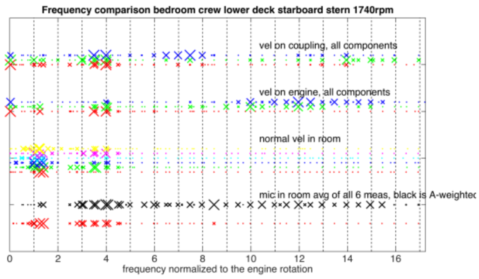
Slaapkamer bakboord onder hoog toerental



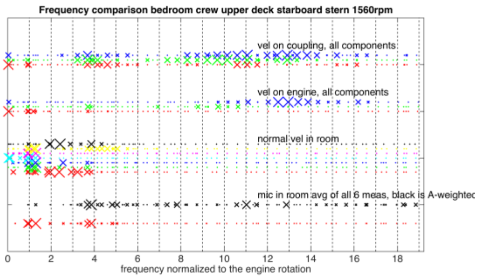
Slaapkamer stuurboord onder laag toerental



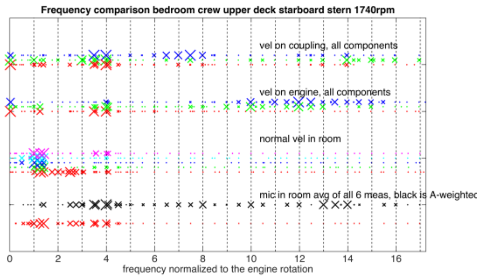
Slaapkamer stuurboord onder hoog toerental



Slaapkamer stuurboord boven laag toerental



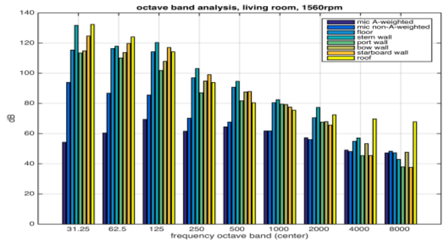
Slaapkamer stuurboord boven hoog toerental



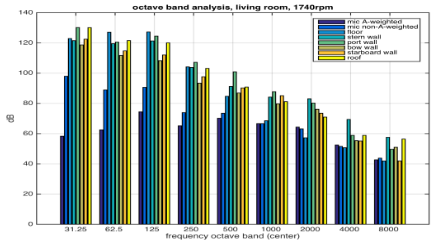
In de frequentieanalyse is ook het verschil tussen de motortoerentallen van de twee motoren op te merken. De motor is weer dominant. De 4^{e} orde van de motor is dominant voor het A-gewogen microfoonsignaal. Schroeffrequenties zijn (minder dominant) ook te herkennen.

Tabel VI.20: Octaafbandanalyse

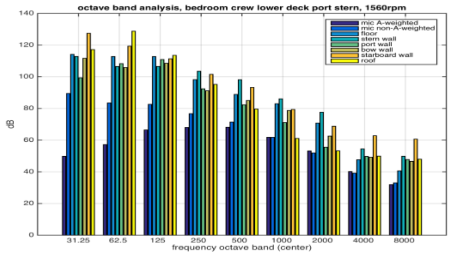
Woonkamer laag toerental



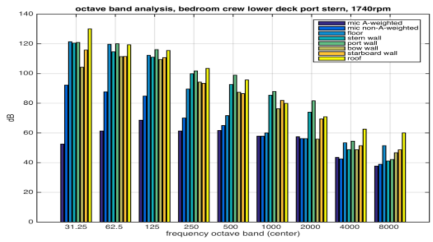
Woonkamer hoog toerental



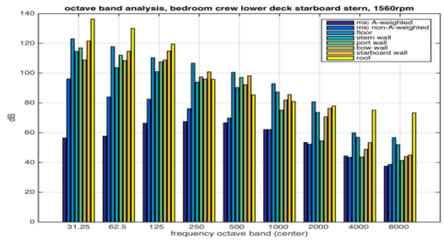
Slaapkamer bakboord onder laag toerental



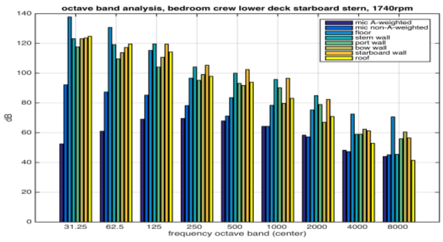
Slaapkamer bakboord onder hoog toerental



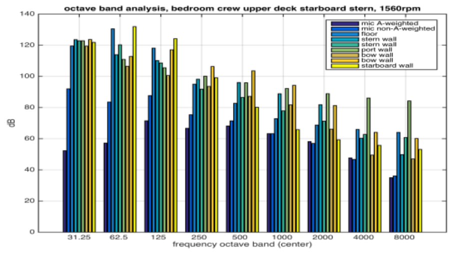
Slaapkamer stuurboord onder laag toerental



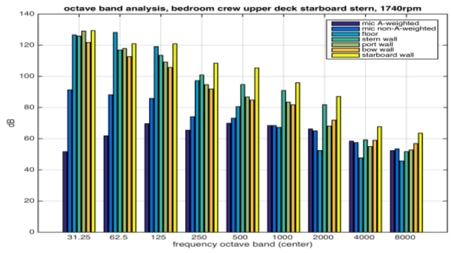
Slaapkamer stuurboord onder hoog toerental



Slaapkamer stuurboord boven laag toerental



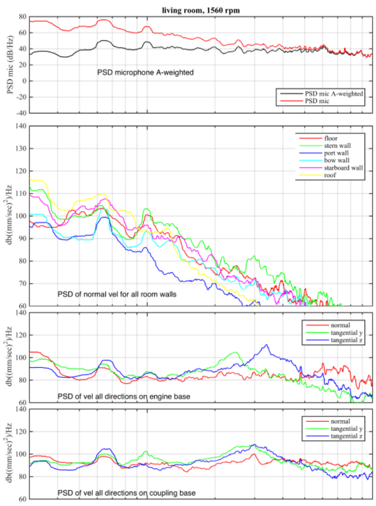
Slaapkamer stuurboord boven hoog toerental



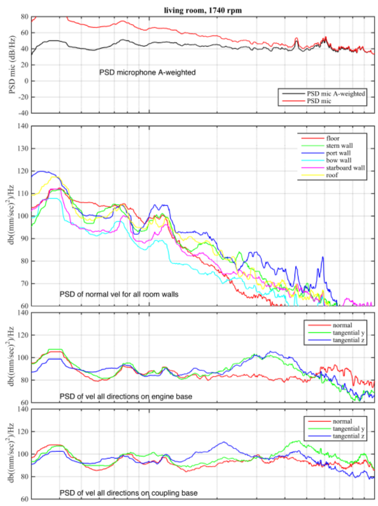
Voor de woonkamer wordt de dominantie van de achterwand en de vloer in de dominante A-gewogen band bevestigd. De zijwanden lijken nu echter ook een zekere invloed te hebben. Ook hier is weer te zien dat met lage toerentallen de stuurboordwand dominanter is en met hoge toerentallen de bakboordwand. In de bakboordslaapkamer is dit laatste niet meer duidelijk te zien, hier wordt het plafond dominant. Maar voor lage toerentallen is nog steeds de stuurboordwand dominant. In de stuurboord slaapkamer onder zijn plafond en vloer nog steeds dominant. De stuurboordslaapkamer boven laat breedbandig geen dominante vlakken zien.

Tabel VI.21: Median filter

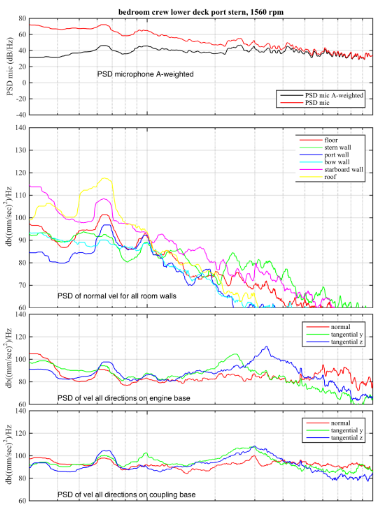
Woonkamer laag toerental



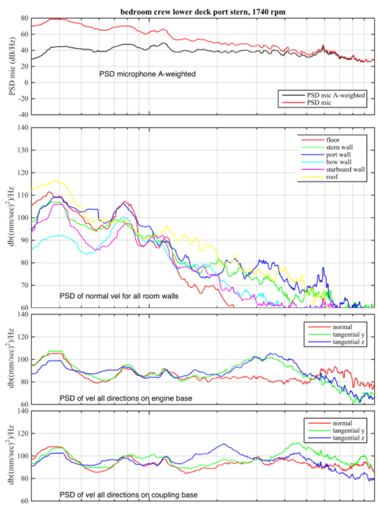
Woonkamer hoog toerental



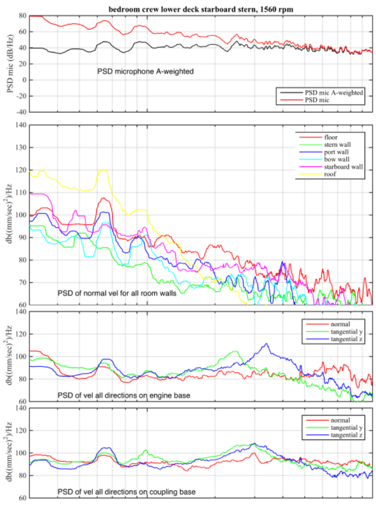
Slaapkamer bakboord onder laag toerental



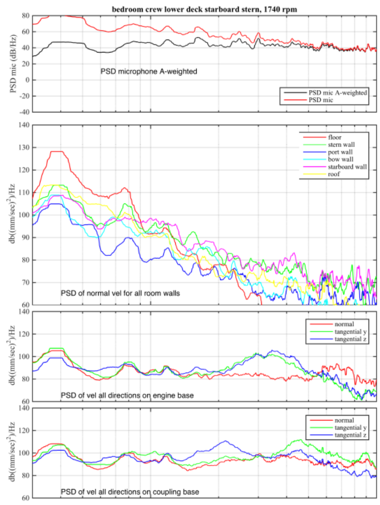
Slaapkamer bakboord onder hoog toerental



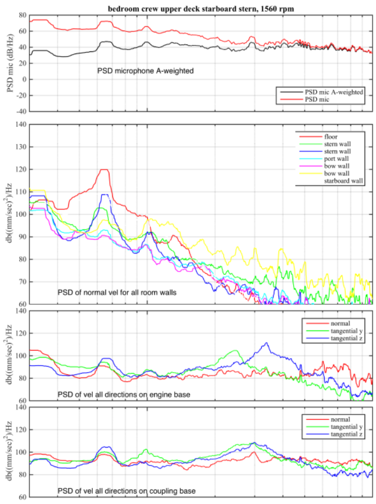
Slaapkamer stuurboord onder laag toerental



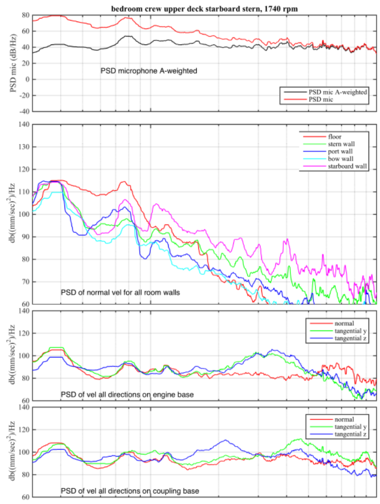
Slaapkamer stuurboord onder hoog toerental



Slaapkamer stuurboord boven laag toerental



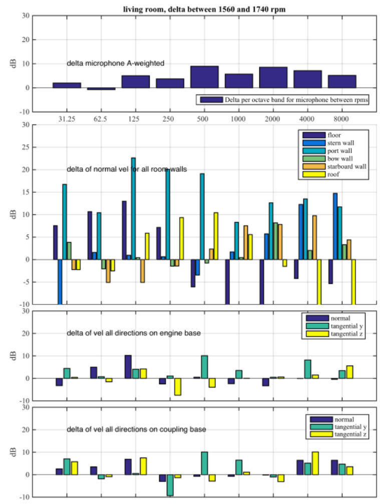
Slaapkamer stuurboord boven hoog toerental



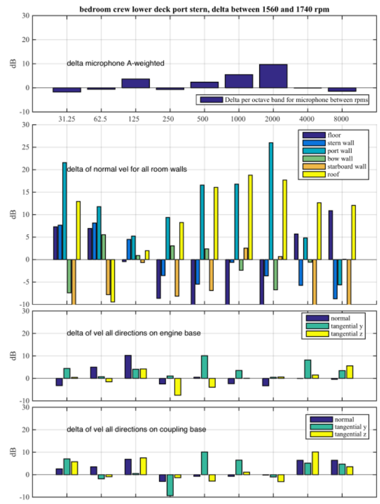
De median filter data bevestigen de eerdere beelden.

Tabel VI.22a: Delta analyse (octaafbandvergelijking)

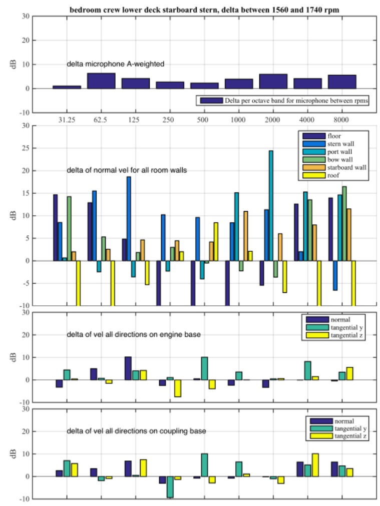
Woonkamer



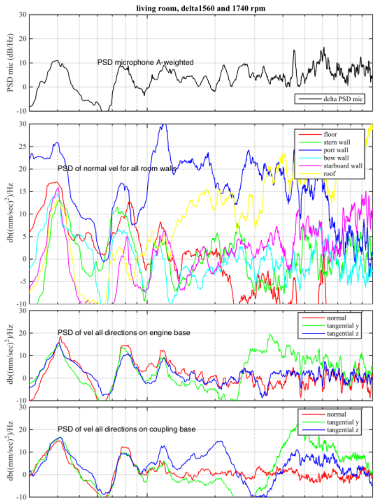
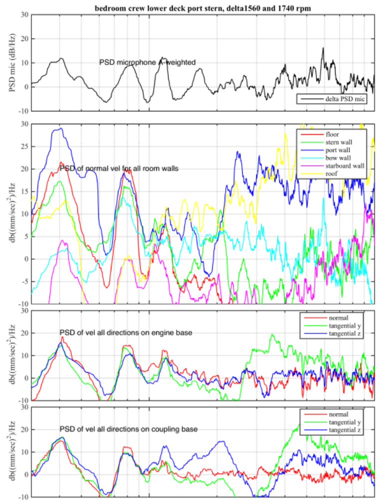
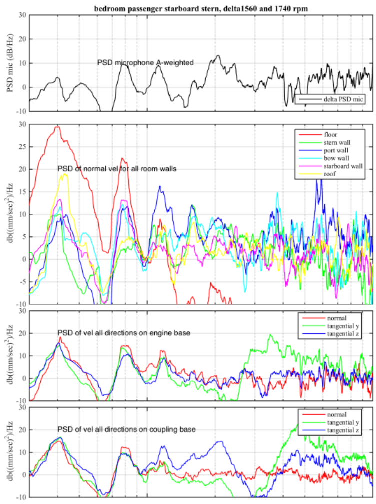
Slaapkamer bakboord onder



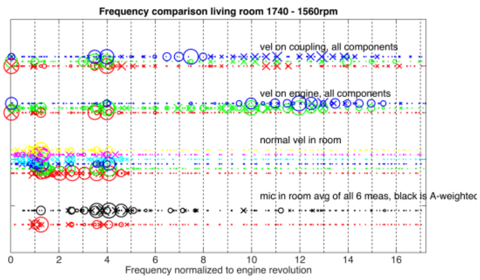
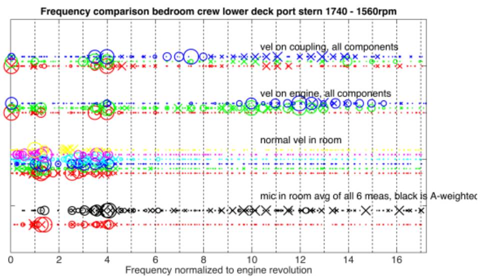
Slaapkamer stuurboord onder



Tabel VI.22b: Delta analyse (median filter)

Woonkamer	**Slaapkamer bakboord onder**
	
Slaapkamer stuurboord onder	
	

Tabel VI.22c : Delta analyse (frequentievergelijking)

Woonkamer	**Slaapkamer bakboord onder**
	
Slaapkamer stuurboord onder	
	

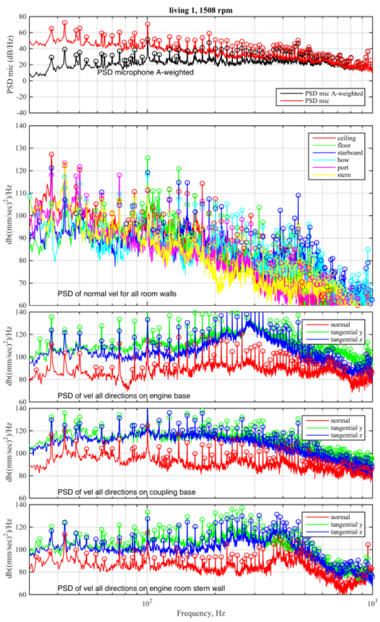
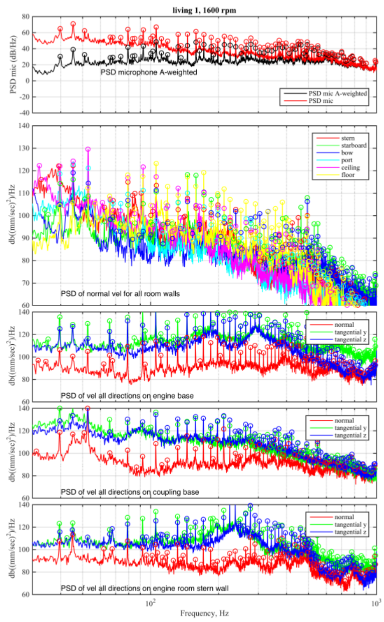
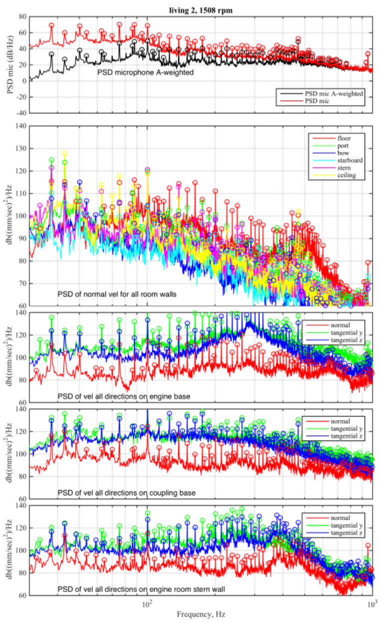
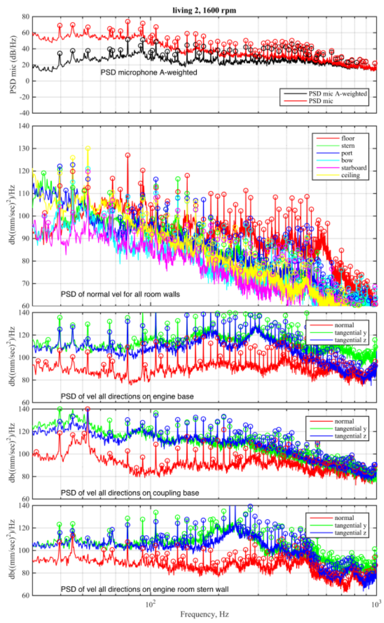
Uit de delta analyses is geen extra informatie naar voren gekomen.

Samengevat:

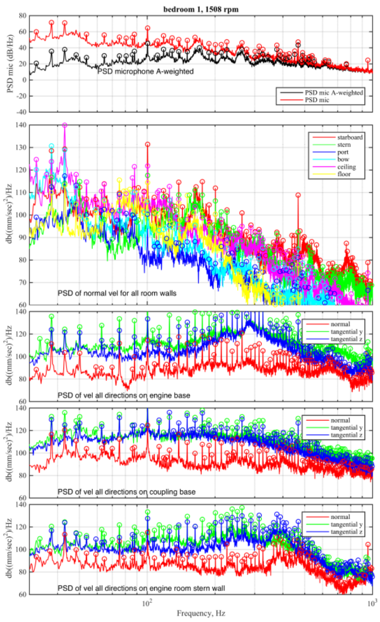
- Piekanalyse: in de spectrum van alle figuren zijn een aantal gebieden te identificeren met een hogere amplitude, bijvoorbeeld rond 60 Hz bij 1560 toeren. In de figuren voor 1740 toeren is op te merken dat dit gebied met hogere amplitude mee verschuift met het toerental.
- Frequentieanalyse: 1^{e} en 4^{e} orde motor zijn duidelijk zichtbaar, maar niet-motorfrequenties zijn ook zichtbaar.
- Octaafband analyse: 250 en 500 Hz dominant bij lage toeren, 125 Hz bij hoge toeren.
  - Bakboord slaapkamer onder: vloer, achterwand, stuurboordwand dominant.
  - Stuurboord slaapkamer onder: vloer, achterwand, daarna stuurboordwand dominant.
  - Stuurboord slaapkamer boven: stuurboordwand dominant.
  - Woonkamer: vloer, achterwand dominant.
- Delta analyse: resonantiepieken te meten op motor en koppeling van rond de 30 en 60 (bij lage toerental) Hz verschuiven consistent bij verhoging van het toerental. De toename in de 125 Hz band is hieraan te danken. Dit is een 1^{e} en 2^{e} orde motor waarschijnlijk.
- Grensfrequenties tussen 1 en 5 kHz.

Meetresultaten Viator

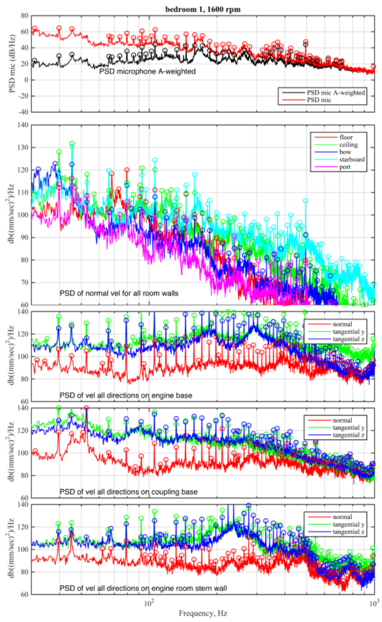
Tabel VI.23: Piekanalyse

Woonkamer 1 stuurboord laag toerental	**Woonkamer 1 stuurboord hoog toerental**
	
Woonkamer 2 bakboord laag toerental	**Woonkamer 2 bakboord hoog toerental**
	

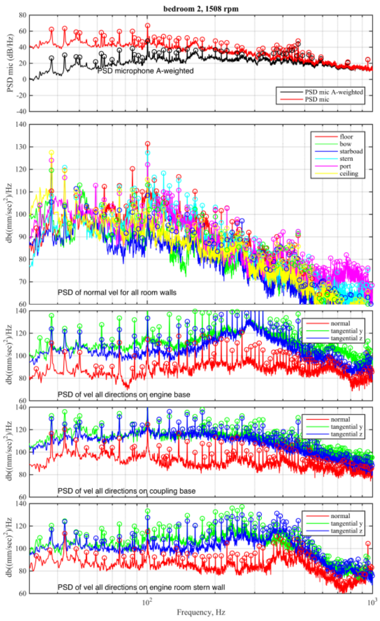
Slaapkamer 1 stuurboord laag toerental



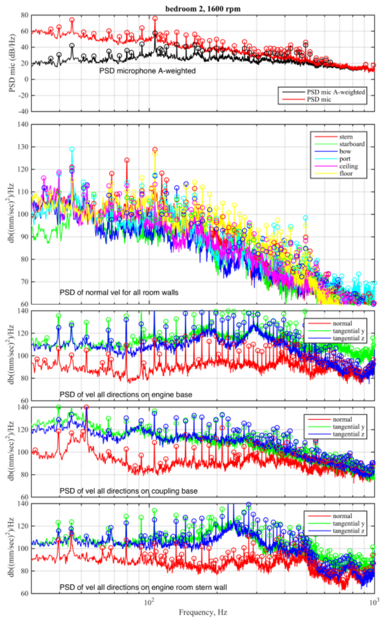
Slaapkamer 1 stuurboord hoog toerental



Slaapkamer 2 bakboord laag toerental



Slaapkamer 2 bakboord hoog toerental

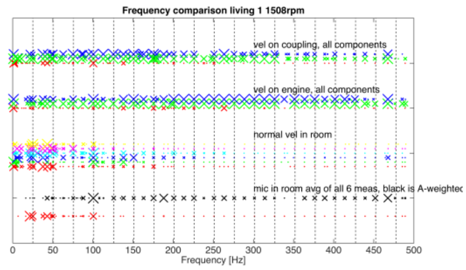


Voor alle ruimtes geldt dat de pieken in ontvangruimtes duidelijk overeenkomen met pieken uit de motorkamer.
Er is bij lage toerentallen in woonkamer 1 een duidelijke piek te zien net onder de 30 Hz (plafond) en rond 100 Hz (vloer, voorwand en stuurboordwand). Deze pieken zijn terug te herleiden naar de motor en keerkoppeling (tangentieel), die de trilling overgeven aan de achterwand van de motorkamer (ook tangentieel). In woonkamer 2 is de piek onder 30 Hz en rond 100 Hz weer te zien, nu in de achterwand en bakboordwand. Er is ook een sterke piek te zien net boven de 30 Hz (plafond, achterwand).

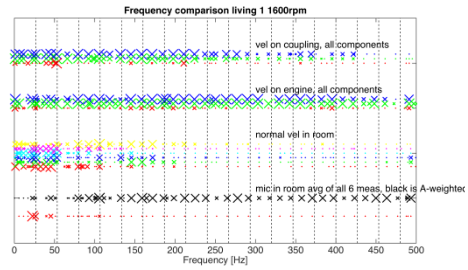
Bij hoge toerentallen verschuift de piek van 100 Hz naar hogere frequenties. Er is nu ook een hoge piek die zich manifesteert in het plafond van de ontvangruimte tussen de 40-50 Hz afkomstig van de keerkoppeling. Voor woonkamer 2 is er een nieuwe piek bijgekomen op 80 Hz in de vloer.
In slaapkamer 1 is de piek onder de 30 Hz te zien in de voorwand en stuurboord wand. Een hogere piek geeft echter het plafond net boven de 30 Hz, afkomstig van de keerkoppeling. Rond de 100 Hz ligt een piek voor de stuurboordwand, afkomstig van de motor en keerkoppeling. Plafond en stuurboordwand zijn dominant.
In slaapkamer 2 is hetzelfde verhaal herkenbaar. Dominant zijn de vloer, het plafond, en de bakboordwand.

Tabel VI.24: Frequentieanalyse

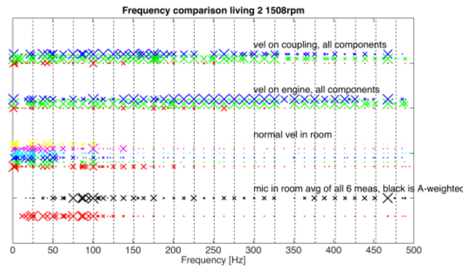
Woonkamer 1 stuurboord laag toerental



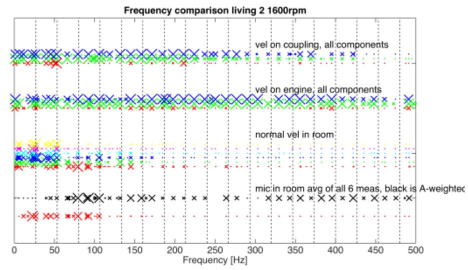
Woonkamer 1 stuurboord toerental



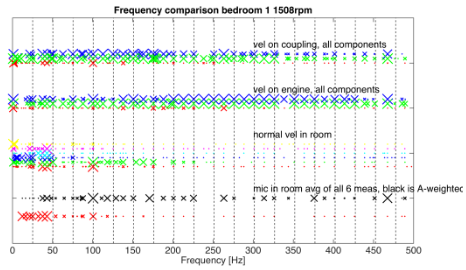
Woonkamer 2 bakboord toerental



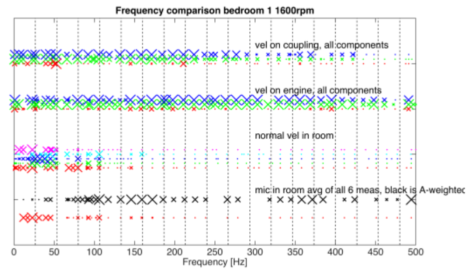
Woonkamer 2 bakboord hoog toerental



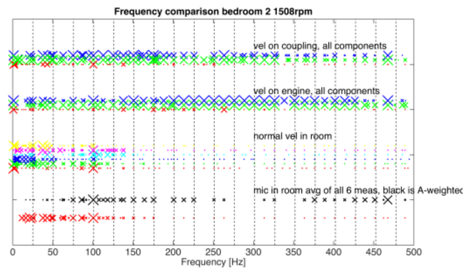
Slaapkamer 1 stuurboord laag toerental



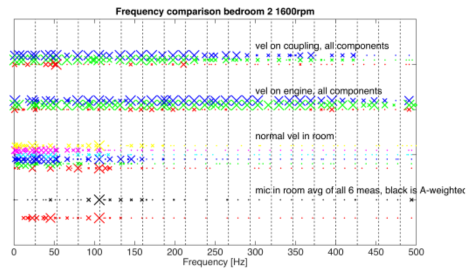
Slaapkamer 1 stuurboord hoog toerental



Slaapkamer 2 bakboord laag toerental



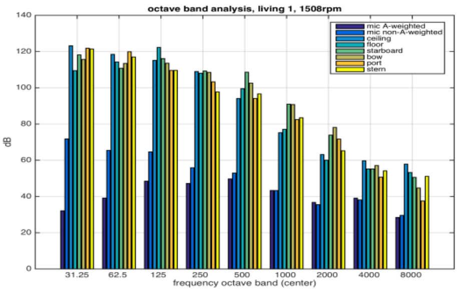
Slaapkamer 2 bakboord hoog toerental



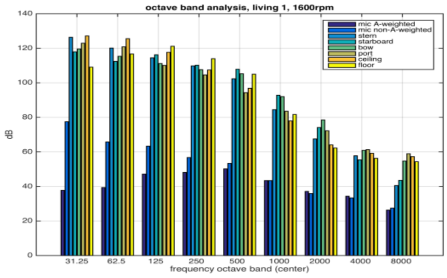
De pieken bevinden zich met name op de 4^e orde van de motor en de harmonischen. Laagfrequent zijn ook enkele schroefbladfrequenties (tussen de halve en hele orde van de motor in) te herkennen.

Tabel VI.25: Octaafbandanalyse

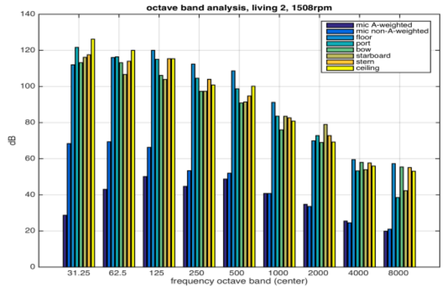
Woonkamer 1 stuurboord laag toerental



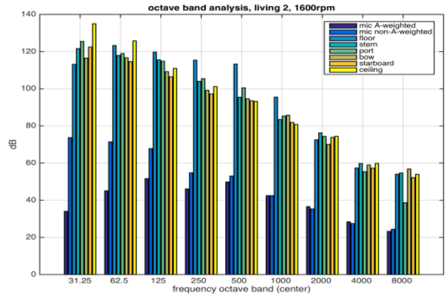
Woonkamer 1 stuurboord hoog toerental



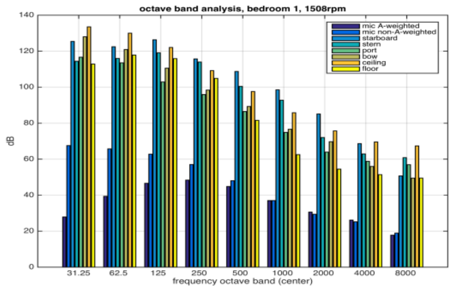
Woonkamer 2 bakboord laag toerental



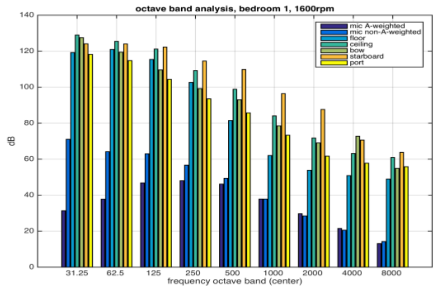
Woonkamer 2 bakboord hoog toerental



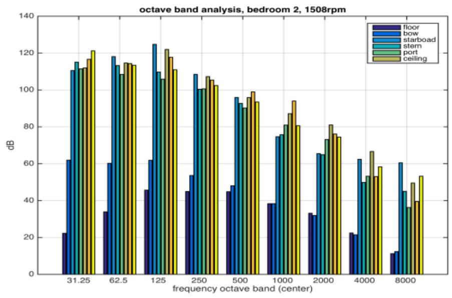
Slaapkamer 1 stuurboord laag toerental



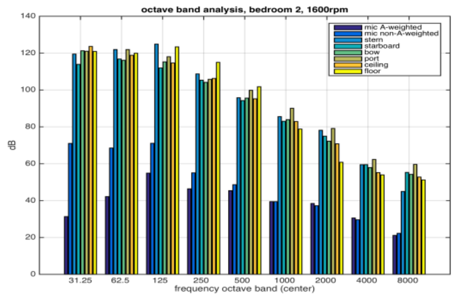
Slaapkamer 1 stuurboord hoog toerental



Slaapkamer 2 bakboord laag toerental



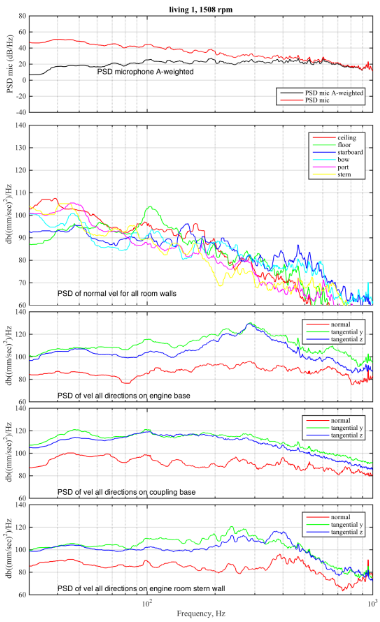
Slaapkamer 2 bakboord hoog toerental



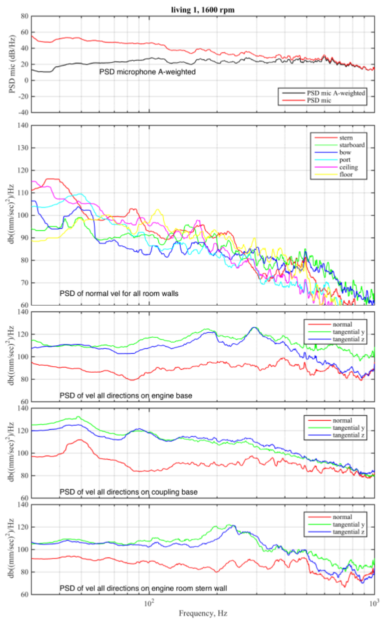
Voor slaapkamer 1 zijn de voornaamste afstralende vlakken breedbandig het plafond, de voorwand en de stuurboord zijde. Voor slaapkamer 2 zijn dit de vloer en de achterwand. Voor de woonkamers zijn dit de plafonds.

Tabel VI.26: Median filter

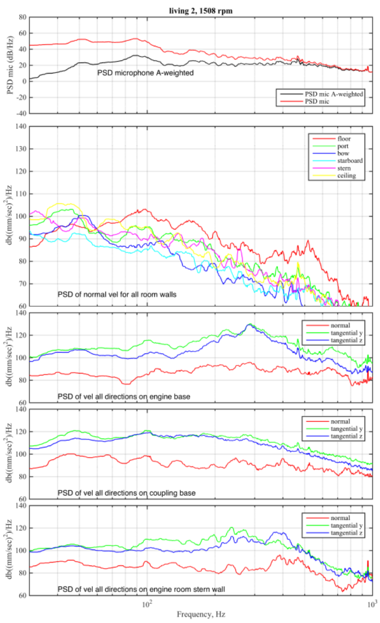
<table>
<tr><th>Woonkamer 1 stuurboord toerental</th><th>Woonkamer 1 stuurboord toerental</th></tr>
<tr><td>



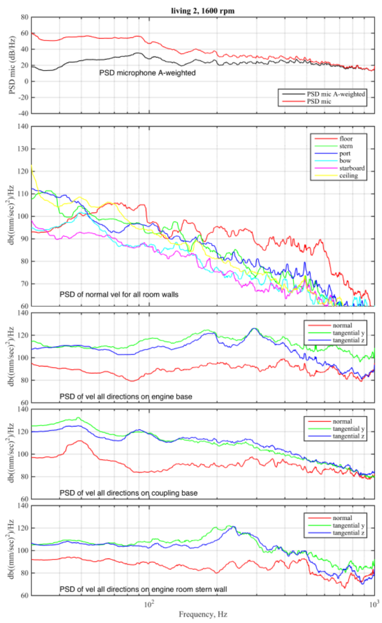
</td><td>



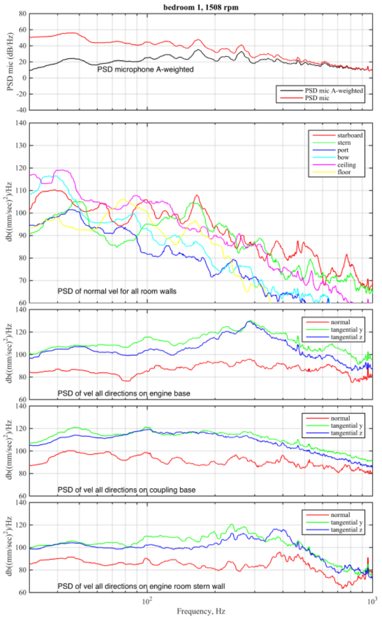
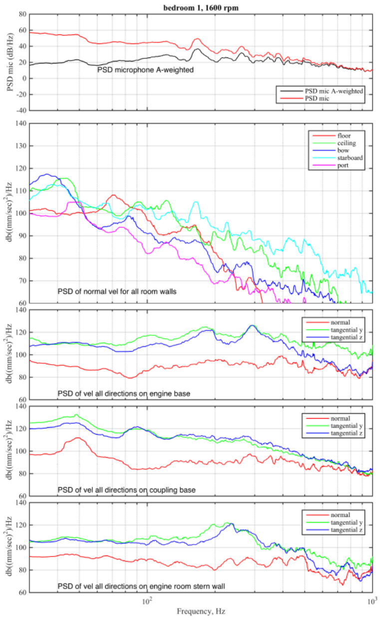
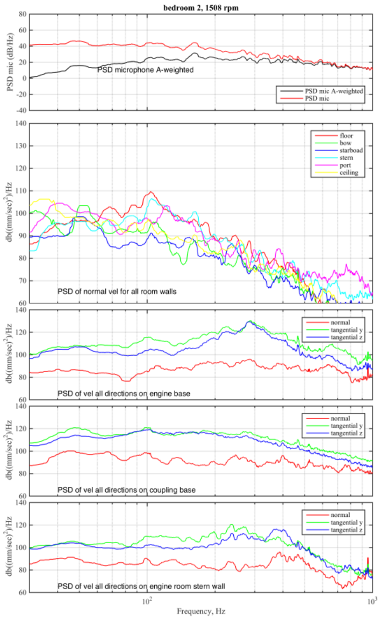
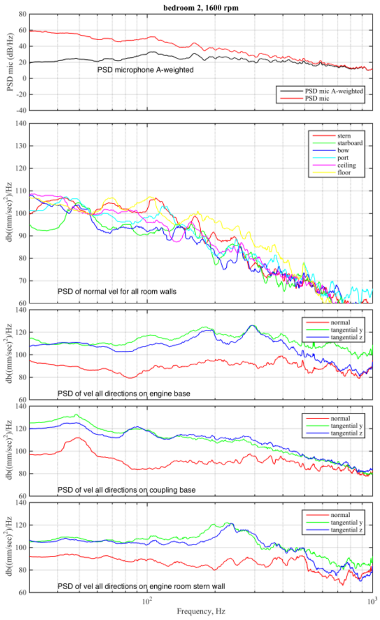
</td></tr>
<tr><th>Woonkamer 2 bakboord laag toerental</th><th>Woonkamer 2 bakboord hoog toerental</th></tr>
<tr><td>



</td><td>



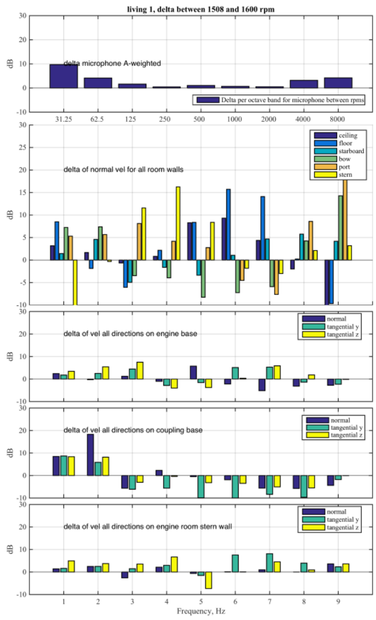
</td></tr>
</table>

Slaapkamer 1 stuurboord laag toerental	Slaapkamer 1 stuurboord hoog toerental
	
Slaapkamer 2 bakboord laag toerental	**Slaapkamer 2 bakboord hoog toerental**
	

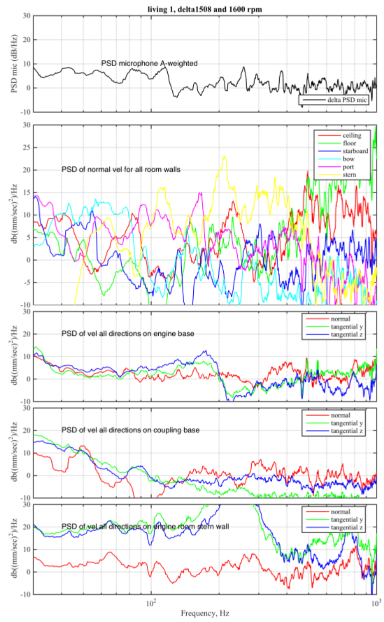
In de woonkamers blijven de vloer, plafond en zijwanden dominant. In de slaapkamer is ook de dominantie van de betreffende zijwanden en plafond terug te zien en in het geval van de stuurboord slaapkamer de achterwand ook.

Tabel VI.27a: Delta analyse (octaafbandvergelijking en median filter vergelijking)

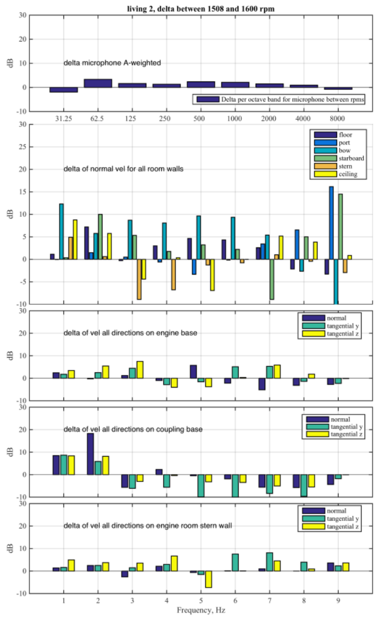
<table>
<tr><th>Woonkamer stuurboord</th><th>Woonkamer stuurboord</th></tr>
<tr><td>



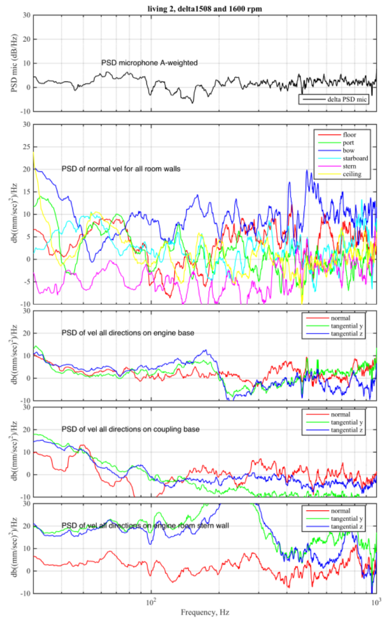
</td><td>



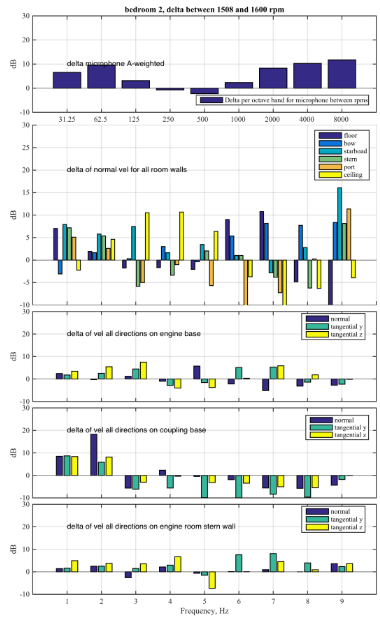
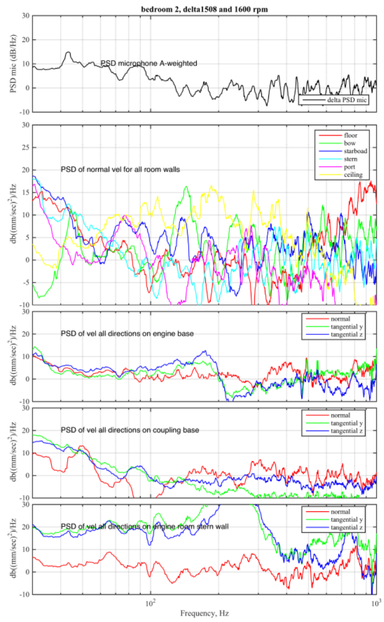
</td></tr>
<tr><th>Woonkamer bakboord</th><th>Woonkamer bakboord</th></tr>
<tr><td>



</td><td>



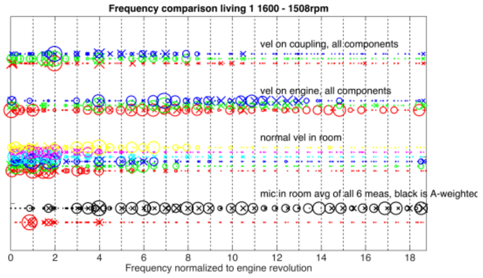
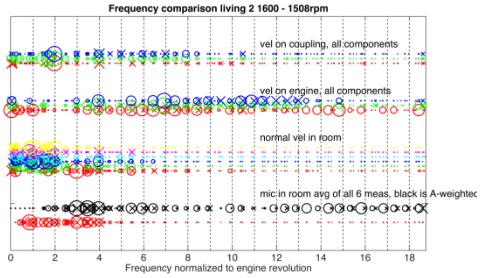
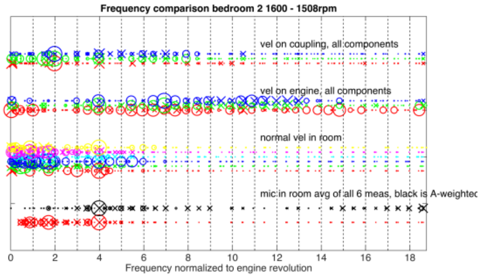
</td></tr>
</table>

Slaapkamer bakboord	Slaapkamer bakboord
	

Er is op te merken uit de median filter analyse dat de geluidstoename in de ontvangruimtes zich voornamelijk in het bereik 30-200 Hz bevindt. Nadere kijk op de verschillende bronnen in de figuur laat zien dat deze toename in het lage frequentiegebied voornamelijk te correleren is met vibraties op de keerkoppeling.

Ook in de octaafbandvergelijking is te zien dat de toename in geluidsbelasting in de kamers zich voornamelijk bevindt in het lage frequentie bereik, alsmede in het hoge frequentiebereik. Voor de lage frequenties is een correlatie te vinden met de toename in vibraties op de keerkoppeling. Voor de hoge frequenties correleert de achterwand van de machinekamer het beste.

Tabel VI.28: Delta analyse (frequentievergelijking)

<table>
<tr><td>Woonkamer stuurboord</td><td>Woonkamer bakboord</td></tr>
<tr><td>
</td><td>
</td></tr>
<tr><td>Slaapkamer bakboord</td><td></td></tr>
<tr><td>
</td><td></td></tr>
</table>

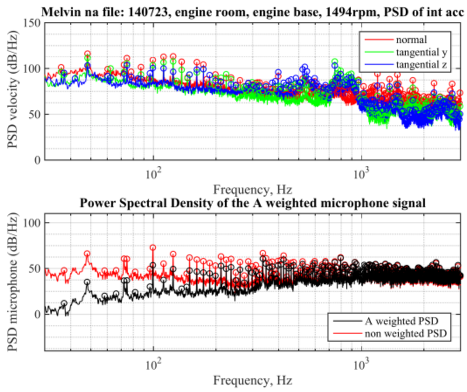
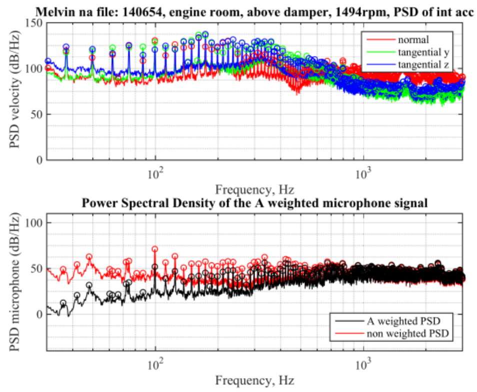
Wat duidelijk op te merken is uit de grafieken is de 4e orde van de motorfrequentie, alsmede andere harmonischen van de motor. In het lagere bereik tussen de 1e en 4e motorharmonischen zijn ook andere pieken te herkennen die geassocieerd kunnen worden met de schroefbladfrequentie.

Samengevat

- Frequentieanalyse:
  - Bij lage toerentallen is 4e orde motor is dominant.
  - Bij de hoge toerentallen worden er naast de 4e orde motor ook overige motorfrequenties en schroeffrequenties gevonden. Deze zijn relatief dominant.
- Octaafbandanalyse:
  - Slaapkamer stuurboord: max 250 Hz band, achterwand en stuurboordwand dominant.
  - Slaapkamer bakboord: max in 125, 250, 500 Hz banden. Vloer, bakboordwand en achterwand dominant.
  - Woonkamer stuurboord: 500 Hz dominant, vloer en stuurboordwand dominant voor 125 en 500 Hz, overige contributies zijn ook significant.
  - Woonkamer bakboord: 125 en 500 Hz band, vloer dominant
- Delta analyse:
  - De toename in de kamers correleert het beste met de koppeling
- Grensfrequentie: boven de 1 kHz voor meeste wanden.

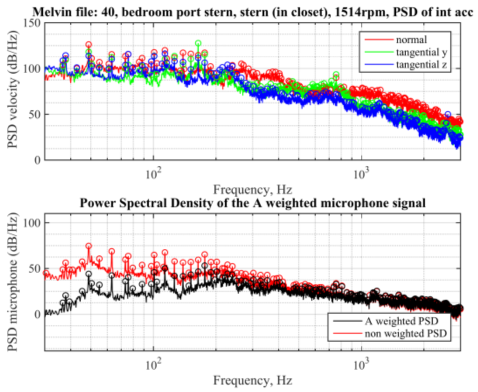
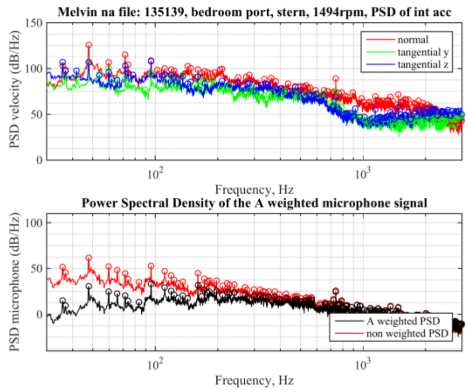
Meetresultaten Melvin na maatregelen

Tabel VI.29: Vergelijking excitatie onder en boven veer

Woonkamer stuurboord	**Woonkamer bakboord**
	

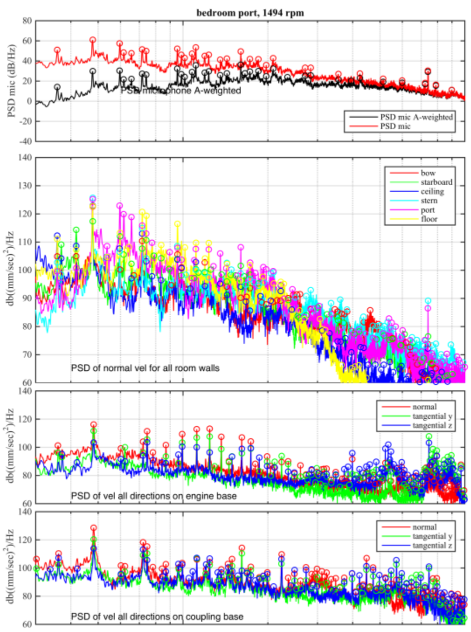
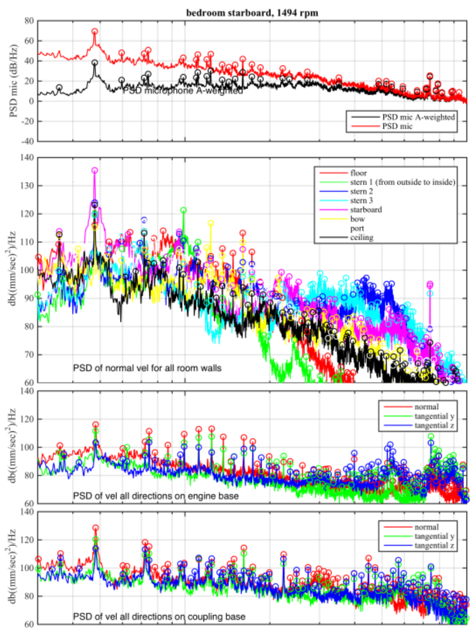
Het verschil in trillingsniveaus door de opvering is duidelijk te meten wanneer er gekeken wordt naar boven (rechts) en onder (links) de motorophanging.

Tabel VI.30: Vergelijking achterwand in bakboord slaapkamer voor en na maatregelen

Woonkamer stuurboord	**Woonkamer bakboord**
	

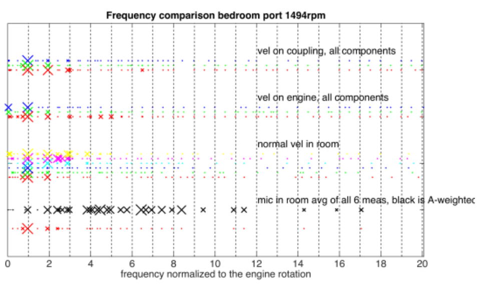
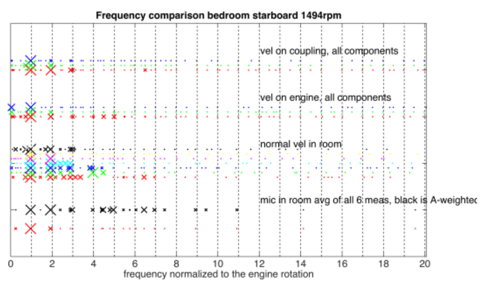
De geluidsniveaus in de slaapkamers zijn verminderd en ook zijn de motorpieken niet meer zo duidelijk zichtbaar als voorheen.

Tabel VI.31: Piekanalyse

<table>
<tr><th>Slaapkamer bakboord</th><th>Slaapkamer stuurboord</th></tr>
<tr><td>
</td><td>
</td></tr>
</table>

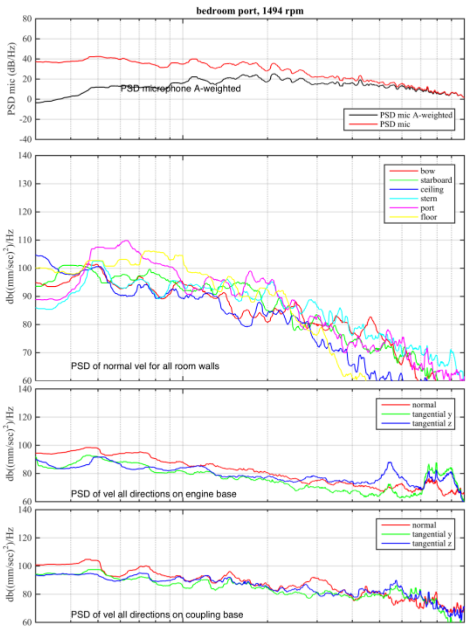
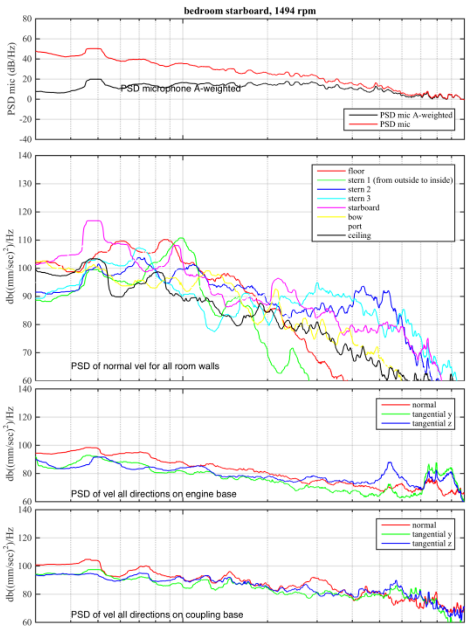
Wat opvalt is de relatief grote piek voor de 2^{e} orde motor rond 50 Hz op de stuurboordwand van de stuurboordslaapkamer. Dit is ook terug te vinden in het geluidssignaal en de reden dat de stuurboord slaapkamer een hoog geluidsniveau heeft in de lagere octaafbanden.

Tabel VI.32: Frequentieanalyse

<table>
<tr><th>Slaapkamer bakboord</th><th>Slaapkamer stuurboord</th></tr>
<tr><td>
</td><td>
</td></tr>
</table>

De 1^{e} orde van de motor is duidelijk zichtbaar. De overige motorfrequenties zijn niet meer dominant ten opzichte van de schroeffrequenties. Excitaties van 4^{e} en 4.5^{e} orde motor zijn nog steeds het sterkst op de motor fundatie, de 6.5^{e} orde wordt duidelijk door de keerkoppeling doorgegeven.

Tabel VI.33: Median filter

Slaapkamer bakboord	**Slaapkamer stuurboord**
	

In de tabel hierboven is een vergelijking gemaakt tussen de geluidproductie, de vibraties van alle vlakken een de belasting op de keerkoppeling en machinekamer achterwand. De pieken tussen de 40 -50 Hz en 70-80 Hz zijn zowel op de keerkoppeling als de achterwand terug te vinden. De keerkoppeling is hierbij de bron en de wanden van de machinekamer vormen het transmissiepad. De grote piek in het gebeid 40-50 Hz komt overeen met de tweede orde van de hoofdmotor.

Samengevat:

- Reductie van geluid is goed te zien. 1e en 2e orde hoofdmotor zijn nog relevante bronnen, en dit manifesteert zich in de lage geluidoctaafbanden. De opvering is succesvol in het reduceren van de geluidsdruk, voornamelijk in het bereik 100-500 Hz.
- Octaafbandanalyse: 250 Hz dominante band
    - Woonkamer is alleen op vloer gemeten, dan 125 Hz dominant.
    - Slaapkamer bakboord: achterwand, bakboordwand, vloer
    - Slaapkamer stuurboord: achterwand en stuurboordwand, ook is opvallend dat de 31.5 en 62 Hz banden ook hoog zijn.
- Delta analyse:
    - Er zijn nog overgebleven pieken zichtbaar, op 50 Hz bij 1494 toeren is een duidelijke piek te vinden, verder ook in het bereik 70-200 Hz een aantal pieken.
    - Bakboord slaapkamer: excitaties op de achterwand in het bereik 50-100 Hz
    - Stuurboord slaapkamer: de 50 Hz piek is nog duidelijk te herkennen aan hogere amplitude.
- Frequentieanalyse:
    - 1e en 2e orde motor nog duidelijk zichtbaar, daarnaast zijn nu schroeffrequenties dominanter dan voorheen.
- De vervalcurves voor de afstraalefficiëntie zien er nog steeds hetzelfde uit.

Bijlage VI Resultaten enquête

In totaal legden **162** respondenten de enquête af.

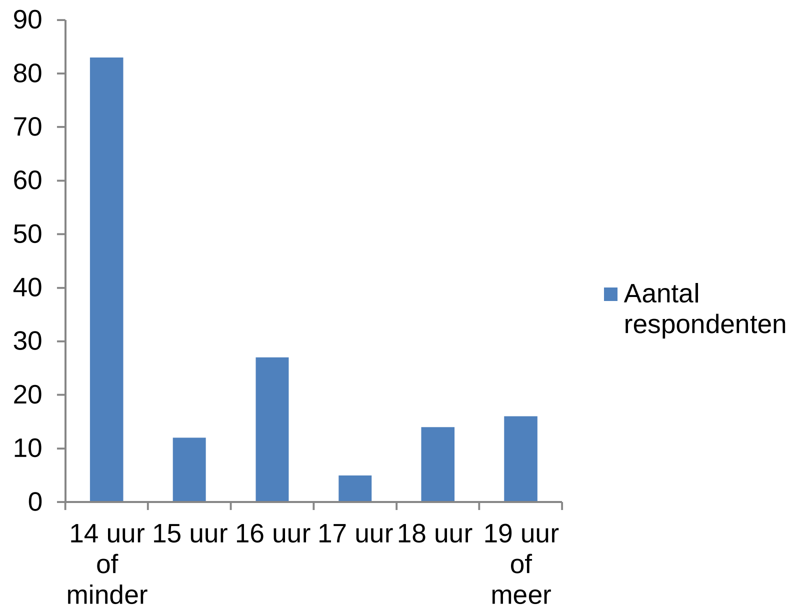
Vraag 1 : In welk jaar is de kiel van uw schip gelegd?

De antwoorden variëren tussen 'niet bekend' en 2014. 112 ingevulde enquêtes betreffen schepen van vóór 1976 behorende tot de doelgroep.

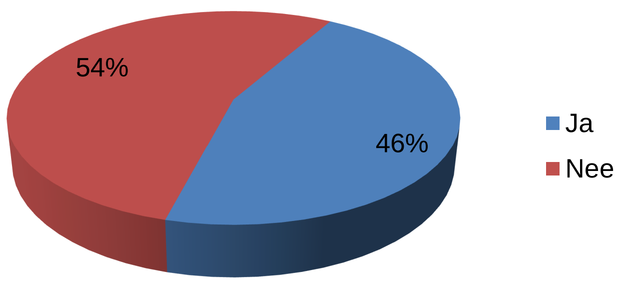
Vraag 2 : Wat is uw functie op het schip?

Het meest voorkomend antwoord is 'schipper / eigenaar / kapitein', maar ook 'matroos / machinist / huisvrouw' komen bijvoorbeeld voor.

Vraag 3 : Hoeveel uur wordt er gemiddeld met uw schip gevaren per 24 uur?



Vraag 4 : Wordt er gelijktijdig door iemand gevaren en door anderen geslapen op uw schip?



Vraag 5 : Hoeveel uur verblijft u gemiddeld per 24 uur in de woonkamer van uw schip terwijl het schip vaart?

Gemiddelde waarde: 4.46

Variantie: 15.16

Vraag 6 : Hoeveel uur verblijft u gemiddeld per 24 uur in uw slaapkamer terwijl het schip vaart?

Gemiddelde waarde: 4.28

Variantie: 10.57

Vraag 7 : Hoeveel uur verblijft u gemiddeld per 24 uur in de stuurhut van uw schip terwijl het schip vaart?

Gemiddelde waarde: 11.70

Variantie: 22.66

Vraag 8 : Hoeveel uur verblijft u gemiddeld per 24 uur in de machinekamer van uw schip terwijl het schip vaart?

Gemiddelde waarde: 2.22

Variantie: 8.67

Bijlage VII Verklarende begrippenlijst

Achtergrondgeluid

Het achtergrondgeluid is het geluid dat veroorzaakt wordt door alle andere geluidbronnen in de omgeving behalve de geluidbronnen van het schip. Als het achtergrondgeluid 10 dB lager is dan het geluidniveau van het schip, dan heeft het geen invloed meer op het geluidniveau van het schip en hoeft niet gecorrigeerd te worden voor de invloed van het achtergrondgeluid. Tijdens de geluidmetingen op de schepen en aan de passerende schepen was dit steeds het geval.

Achtergrondgeluidmeting

Dit is een meting van het geluidniveau van alle bronnen zonder het geluidniveau van het schip. Om het achtergrondgeluid te kunnen meten, moeten alle geluidbronnen van het schip worden uitgeschakeld.

Afstraling en afstraalefficiëntie

Afstraling van geluid gebeurt als de trilling van een object om wordt gezet in geluid. De afstraalefficiëntie (of afstraalgraad) is een maat voor de omzetting van de trillingsenergie in geluidenergie. Bij een afstraalefficiëntie van 1 worden trillingen met een maximale efficiëntie omgezet in geluid. Bij lagere afstraalefficiënties wordt een deel van de trillingsenergie omgezet in warmte en dus niet in geluid. Het object veroorzaakt dan minder geluid omdat de afstraling minder efficiënt plaatsvindt. De frequentie vanaf waar de afstraalefficiëntie 1 is, heet de grensfrequentie (zie ook grensfrequentie in deze lijst).

Afveerfrequentie

De afveerfrequentie is een term die gebruikt wordt bij trillingsisolatoren zoals de “veren” onder een scheepsmotor. De afveerfrequentie is dan de frequentie waarboven trillingen effectief worden gedempt. De mate van demping is afhankelijk van de frequentie van de trilling, van bijvoorbeeld de motor, in relatie tot de afveerfrequentie van de trillingsisolator. Demping begint bij circa 2 maal de afveerfrequentie. De maximale demping bedraagt ongeveer een factor 10.

Bedrijfscondities

In dit onderzoek zijn metingen verricht onder verschillende bedrijfscondities. De bedrijfsconditie varieerde op de volgende aspecten: motor uit, motor aan; varend of stationair; koppeling ingeschakeld of niet; en het percentage van het toerental gerelateerd aan het vermogen van de motor. Voor de beoordeling van de geluidniveaus is met name gemeten tijdens het varen en bij verschillende toerentallen (zie ook MCR-mix).

Breedbandig geluid

Breedbandig geluid bevat zowel laagfrequent geluid (lage tonen) als hoogfrequent geluid (hoge tonen). De geluidenergie is gelijkmatig verdeeld over alle frequenties. De tegenstelling van breedbandig geluid is tonaal geluid (zie ook geluidspectrum en tonaal geluid in deze lijst).

Breedbandspectrum

Zie geluid- en trillingsspectrum.

CONSTRUCTIEGELUID

Constructiegeluid is geluid dat via de constructie van het schip (scheepswand, dek, spanten) wordt verspreid. Een bron, bijvoorbeeld een scheepsmotor, staat op de vloer van een schip. De motor trilt en brengt daarom de vloer en scheepswanden in trilling. De wanden van andere vertrekken die aan de scheepswand liggen, worden zo ook in trilling gebracht. Deze trillende wanden zorgen door afstraling voor geluid in de ruimte (zie ook afstraling in deze lijst). Contstructiegeluid treedt op in alle ruimtes die via de constructie fysiek verbonden zijn met een geluidbron.

EIGENFREQUENTIE

Als een object zoals de vloer of wand van een ruimte, met één klap in trilling wordt gebracht, dan gaat dat object trillen in zijn eigenfrequentie. Dit is de frequentie waarmee dat object het makkelijkst beweegt, het makkelijkst in trilling komt. De eigenfrequentie wordt bepaald door de afmetingen, vorm en eigenschappen van de materialen van een object. Bij de eigenfrequentie van een wand of vloer is de geluidisolatie laag. Dit effect is het grootste bij dunne platen, zoals stalen scheepswanden, omdat die makkelijk in trilling zijn te brengen. Als de frequentie van de bron en de eigenfrequentie van het object met elkaar overeenkomen, dan treedt resonantie op (zie resonanties in deze lijst).

EXCITATIE

Objecten die exciteren zijn objecten die in trilling worden gebracht door een bepaalde bron. Excitatie is dan de resulterende trilling van het object.

FREQUENTIESPECTRUM

Zie geluid- en trillingsspectrum

GELUID- EN TRILLINGSPECTRUM

Om iets te kunnen zeggen over geluid en trillingen, wordt het signaal vaak opgedeeld in frequenties (tonen). In een frequentiespectrum wordt het energieniveau van het signaal weergegeven als functie van de frequentie. Elke frequentie stelt één toon voor. Geluiden kunnen bestaan uit één toon, maar ook uit meerdere tonen.
In dit onderzoek zijn de geluid- en trillingsniveaus enerzijds bekeken in brede frequentiebanden, namelijk in octaafbanden (32, 63, 125, 250 Hz, enzovoorts) en anderzijds in smalle banden, namelijk in de frequentiebanden zelf (1, 2, 3, 4 Hz, enzovoorts). De spectra die hieruit voortkomen worden respectievelijk breedbandspectra en smalbandspectra genoemd. Het smalbandspectrum wordt gebruikt om tonale geluiden te herkennen (zie ook tonaal geluid in deze lijst). Door alle energie in alle frequentiebanden op te tellen, wordt het geluidniveau samengevat in één getal, de zogenoemde eengetalswaarde.

GRENSFREQUENTIE EN COÏNCIDENTIE

De grensfrequentie is de laagste frequentie waarbij coïncidentie optreedt. Coïncidentie is als een geluidgolf dezelfde frequentie heeft als (vrije) trillingsgolven in een element, waardoor met een maximale efficiëntie trillingen in geluid wordt omgezet (en vice versa). Boven de grensfrequentie is de afstraalefficiëntie gelijk aan 1.

Harmonischen en grondtoon

Harmonischen, ook wel boventonen genoemd, zijn veelvouden van grondtonen van trillende objecten, zoals bijvoorbeeld de motor. De grondtoon is de frequentie waarop het object beweegt, draait of passeert. De grondtoon is dus nauw verbonden aan een eventueel toerental. Voor de motor ligt de grondtoon meestal tussen de 30-100 Hz. Als de grondtoon van een motor 30 Hz is, zijn harmonischen in het spectrum te zien op 60, 90, 120 Hz, enzovoorts.

Holistisch

Bij een holistische aanpak wordt gekeken naar het geheel. Onderdelen van het geheel worden niet afzonderlijk van elkaar behandeld, maar als één vervlochten systeem gezien.

Luchtgeluid

Luchtgeluid is geluid dat door een bron, bijvoorbeeld een scheepsmotor, wordt uitgestraald en door de lucht wordt overgedragen. Het geluid raakt de wanden van een ruimte zoals de motorruimte, die vervolgens in trilling worden gebracht. De trilling van de wanden zet de lucht in de naastliggende ruimte ook weer in trilling en levert zo geluidniveaus op in de ruimte naast de motorruimte.

Maximale ontheffingswaarde

Zie voorkeursgrenswaarde

MCR-mix

MCR betekent Maximum Continuous Rating en is te vertalen als het maximaal continu beschikbaar motorvermogen. In het ROSR worden de geluideisen gesteld bij een MCR van 95%. In de praktijk blijkt geen enkel schip langdurig bij deze MCR te varen. Daarom is in het vooronderzoek, uitgevoerd in 2013 door TNO en Level Acoustics, onderzoek gedaan naar de werkelijk gebruikte vermogens in de praktijk. Dit blijkt een mix te zijn uit verschillende vermogenspercentages: 85%, 55%, 25% en 5%. Dit heet de MCR-mix. In het onderzoek van DPA Cauberg-Huygen en Level Acoustics & Vibration zijn de geluidmetingen uitgevoerd bij zowel 95% MCR als de MCR-mix.

Resonantie

Als de aanstootfrequentie van een bron (zoals een grondtoon of zijn harmonische) samenvalt met de eigenfrequentie van een aan de bron direct of indirect verbonden object treedt resonantie op. De trillingssterkte van het object is bij die frequentie dan meestal (veel) groter dan bij andere frequenties.

Salderen

Salderen is het compenseren van overschrijdingen van een criterium met onderschrijdingen van een ander criterium. In dit geval kan een hoger geluidniveau in de ene ruimte/op het ene moment, beargumenteerd worden gecompenseerd met een lager geluidniveau in een andere ruimte/op een ander moment. Salderen komt voort uit de visie dat beleving en gezondheid vooral door een optelsom van belastingen wordt beïnvloed en dat dus niet alleen de te hoge belastingen van belang zijn maar ook de (voldoende) lage.

Schroeffrequentie

De schroef draait met een bepaald toerental. Door dit toerental te delen door 60, is de schroeffrequentie te berekenen. Als een schroef bijvoorbeeld drie bladen heeft, dan zal in het smalbandspectrum ook de frequentie van drie keer het toerental zichtbaar zijn.

Smalbandspectrum

Zie geluid- en trillingsspectrum.

Tonaal geluid

Tonale geluiden zijn geluiden met de (subjectieve) eigenschap dat ze een bepaalde herkenbare toon voortbrengen. In het frequentiespectrum is tonaal geluid herkenbaar als duidelijke pieken in het frequentiespectrum doordat de geluidenergie maar bij enkele frequenties aanwezig is. De tegenstelling van tonaal geluid is breedbandig geluid (zie ook breedbandig geluid in deze lijst).

Voorkeursgrenswaarde en maximale ontheffingswaarde

Deze begrippen zijn overgenomen uit de Wet geluidhinder. De voorkeursgrenswaarde is het basisbeschermingsniveau van geluidgevoelige bestemmingen zoals woningen. De geluidbelasting op de gevel van een woning dient in eerste instantie te voldoen aan de voorkeursgrenswaarde.

Als blijkt dat niet aan de voorkeursgrenswaarde kan worden voldaan, dan kan door middel van een "hogere waarde procedure" onder voorwaarden een hogere geluidsbelasting dan de voorkeursgrenswaarde worden toegestaan. Deze verhoging is mogelijk tot een maximaal toelaatbare waarde, de maximale ontheffingswaarde. De maximale ontheffingswaarde uit de Wet geluidhinder is afhankelijk van verschillende omstandigheden en ligt 5 tot 15 dB hoger dan de voorkeursgrenswaarde.

Bij toepassing van deze begrippen voor de binnenvaart, wordt geadviseerd de voorkeursgrenswaarde(n) gelijk te stellen aan de geluideisen uit de ROSR. Deze geluidniveaus zijn altijd toelaatbaar in de ruimtes.

De maximale ontheffingswaarde is het geluidniveau dat maximaal toelaatbaar is in de ruimtes waarvoor eisen zijn opgenomen in de ROSR. Het geluidniveau in deze ruimtes moet hoe dan ook altijd onder deze waarde zijn. Als het geluidniveau in een ruimte hoger is dan deze maximale ontheffingswaarde, dan dienen altijd maatregelen te worden getroffen om het geluidniveau onder deze waarde te krijgen. Zodra dat gebeurd is, kan gekeken worden naar de doelmatigheid van aanvullende maatregelen. Geadviseerd wordt de maximale ontheffingswaarde 10 dB boven de voorkeursgrenswaarde vast te stellen (naar analogie met de gemiddelde waarde uit de Wet geluidhinder).